

# školská fyzika

číslo 1 / ročník 2014

[www.sf.zcu.cz](http://www.sf.zcu.cz)



**praktický časopis pro výuku fyziky**

vydává Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni



# **školská fyzika**

číslo 1 / ročník 2014 – XI.

**praktický časopis pro výuku fyziky  
a práci s talentovanými žáky  
na základních a středních školách**

Vydává: Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni ve spolupráci s ústřední komisí FO, dalšími fakultami připravujícími učitele fyziky a Českou nukleární společností pod patronací Jednoty českých matematiků a fyziků

**Šéfredaktor** – Karel Rauner (rauner@kmt.zcu.cz)

**Výkonný redaktor** – Miroslav Randa (randam@kmt.zcu.cz)

**Redakční rada** – Irena Dvořáková, Josef Kepka, Václav Kohout, Aleš Lacina, Miroslav Randa, Karel Rauner, Milan Rojko, Ivo Volf

**Adresa redakce** – Školská fyzika, KMT FPE ZČU, Klatovská 51, 306 14 Plzeň,  
**Telefon** – 377 636 303

**Vychází** – čtyřikrát ročně

**Předplatné** – zdarma

**URL (Internet)** – <http://sf.zcu.cz/>

**Evidováno** – u Ministerstva kultury ČR pod číslem MK ČR E 11868

**ISSN 2336-2774** (elektronická verze)  
**ISSN 1211-1511** (tištěná verze)

Toto číslo vyšlo 17. července 2014.

## Obsah

*Lubomír Konrád*

 <b>Medzinárodná experimentálna fyzikálna olympiáda I.</b>	<b>1</b>
---	----------


*Tomáš Jerje*

 <b>Audacity – pokusy z akustiky I.</b>	<b>5</b>
--	----------

*Václav Meškan*

 <b>Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky II. – Překážky tvořivosti a motivace žáků</b>	<b>9</b>
--	----------

*Václav Piskač*

 <b>Jakou barvu mají mraky?</b>	<b>17</b>
--	-----------

*Petr Špína*

 <b>Trpasličí model elektrického proudu</b>	<b>20</b>
---	-----------

*Milan Rojko*

 <b>Všimli jste si?</b>	<b>21</b>
--	-----------

*Václav Kohout*

 <b>Mezipředmětové výukové téma „Barvy kolem nás“ III.</b>	<b>23</b>
---	-----------

*Josef Hubeňák*

 <b>Současné displeje</b>	<b>29</b>
--	-----------

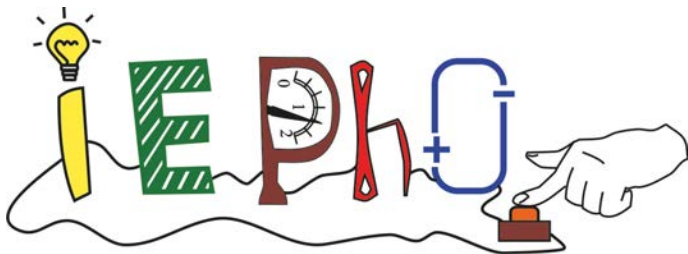
*Pavel Masopust*

 <b>Počítačová podpora vyučování fyziky – využití tabulkových kalkulátorů (Excel)</b>	<b>35</b>
--	-----------



## Medzinárodná experimentálna fyzikálna olympiáda I.

Ľubomír Konrád<sup>1</sup>, Gymnázium, Veľká okružná 22, Žilina, Slovensko



V dňoch 28. 11. až 6. 12. 2013 sa pri meste Istra neďaleko Moskvy uskutočnil historicky prvý ročník Medzinárodnej experimentálnej fyzikálnej olympiády. Súťaže sa zúčastnili žiaci všetkých ročníkov stredných škôl z Arménska, Bieloruska, Bulharska, Kazachstanu, Slovenska a Ruskej federácie. Okrem týchto družstiev sa do súťaže zapojili napr. aj výbery Mordovie, Vladivostoku, Samary, Moskvy a ďalších oblastí a miest Ruskej federácie.

Výprava Slovenskej republiky vycestovala na podujatie v tomto zložení:

PaedDr. Ľubomír Konrád, vedúci výpravy a člen súťažnej poroty (Gymnázium, Veľká okružná, Žilina)

RNDr. Ľubomír Mucha, člen súťažnej poroty (Technická univerzita, Košice)

Súťažiaci:

Patrik Turzák, 4. ročník, Gymnázium, Poštová, Košice

Ján Ondráš, 4. ročník, Gymnázium, Grösslingova, Bratislava

Jakub Kvorka, 4. ročník, Gymnázium, Dubnica n. Váhom

Daniel Zvara, 3. ročník, Gymnázium, Veľká okružná, Žilina

Filip Švábik, 3. ročník, Gymnázium, Veľká okružná, Žilina

Daniel Dupkala, 3. ročník, Gymnázium, Veľká okružná, Žilina



Výprava SR na IEPHO 2013

### Priebeh súťaže

Olympiáda sa konala neďaleko hlavného mesta Ruskej federácie Moskvy v detskom rekreačnom stredisku Komanda na brehu Kujbyševskej vodnej nádrže pri meste Istra. Hlavným organizátorom súťaže bolo Národné centrum prírodovedného vzdelávania. Na úspešný priebeh celej akcie zodpovedne a obetavo dohliadal predseda medzinárodnej poroty docent Dmitrij Anatoljevič Alexandrov, ktorý zastáva funkciu zástupcu vedúceho katedry fyziky

<sup>1</sup> lubomir.konrad@gmail.com





na Moskovskom fyzikálno-technickom inštitúte (MFTI). O tom, že organizátori prikladali podujatiu veľkú vážnosť, svedčí aj to, že celú súťaž zahájila príhovorom legenda ruských i svetových fyzikálnych olympiád profesor Stanislav Mironovič Kozel. Otvárací aj záverečný ceremoniál spestrili svojimi vystúpeniami viaceré domáce hudobné, tanečné a spevácke súbory, ktoré priblížili účastníkom olympiády aj niektoré typické prvky ruskej kultúry.

Na programe olympiády boli tri súťažné kolá. V každom z nich mali súťažiaci čas päť hodín na vyriešenie dvoch zaujímavých experimentálnych úloh. Po súťažnom dni nasledoval vždy deň voľna, počas ktorého mohli súťažiaci a ich učitelia navštíviť Moskvu a okolie a pozrieť si množstvo zaujímavostí (Červené námestie, moskovské metro, Park víťazstva, Arbat, chrám Krista spasiteľa, Tverský bulvár, budovu ruskej dumy či niektorého z mnohých moskovských divadiel), prípadne trávili čas v areáli Komanda, kde mohli relaxovať alebo sa zapojiť do viacerých športových aktivít (loptové hry, bežky, airsoft). Okrem toho pre nich organizátori pripravili niekoľko odborných prednášok a záverečný spoločenský večer. Zaujímavou skúsenosťou boli aj gastronomické zážitky, pretože podstatnú časť podávaných pokrmov tvorili typické ruské jedlá ako aj rôzne špeciality.

Súťažiaci boli rozdelení do štyroch kategórií 8, 9, 10 a 11, ktoré zodpovedajú ročníkom strednej školy v Ruskej federácii.



Profesor Kozel pri zahájení súťaže



Zanietený experimentátor pri úlohe Voda a olej

To znamená, že naši štvrtáci súťažili v kategórii 11 a tretiaci v kategórii 10. Ostatné kategórie naša výprava neobsadila. Na rozdiel od ostatných zúčastnených krajín je u nás venovaný v nižších ročníkoch stredných škôl veľmi malý priestor na experimentálnu činnosť. Po oprave úloh nasledovala moderácia, počas ktorej mohli súťažiaci prejsť svoje riešenia s členmi súťažnej poroty a na základe ktorých boli najlepším účastníkom udelené zlaté, strieborné a bronzové medaily. Postup pri rozdeľovaní medailí bol obdobný ako na iných medzinárodných súťažiach. Presné podmienky a hranice úspešnosti určil organizátor.

## Výsledky

Na konci olympiády boli vyhlásení víťazi jednotlivých kategórií. Nás teší, že **Patrik Turzák** získal v najvyššej kategórii **striebornú medailu**, keď skončil bodovo veľmi tesne hneď za Katerinou Naydenovou z Bulharska (držiteľka zlatej medaily z MFO 2013 v Kodani). Ostatným slovenským zástupcom sa síce nepodarilo siahnuť na žiadnu z medailí, ale aj napriek tomu nesklamali a s náročnými úlohami sa nebojácne popasovali. Získali tak cenné skúsenosti a pracovné zručnosti potrebné na úspešné zvládnutie



reálneho fyzikálneho experimentu. No a pre niektorých z nich to bola pravdepodobne aj vynikajúca príprava na nasledujúcu MFO, ktorá sa bude konať v lete 2014 v hlavnom meste Kazachstanu Astane. Za úspech slovenskej delegácie na IEPHO môžeme považovať aj to, že vedúcemu výpravy sa dostalo cti odovzdávať pri slávnostnom vyhlásení víťazov bronzové medaily.

Okrem poradia jednotlivcov v jednotlivých kategóriách sa usporiadatelia rozhodli udeliť aj cenu pre najlepšie družstvo, ktorú získali reprezentanti Bulharska, ako aj viaceré špeciálne ceny.

## Súťažné úlohy

Organizátori pripravili pre súťažiacich množstvo zaujímavých experimentálnych úloh rôzneho typu a náročnosti. V niektorých úlohách bolo treba odmerať fyzikálnu veličinu na základe opísaného postupu (skúmanie difúzie soli, potvrdenie Faradayovho zákona elektromagnetickej indukcie, určenie koeficientu pružnosti gumičky, skúmanie a použitie elektrických meracích prístrojov, vyšetovanie torznej deformácie, overenie Archimedovho zákona). V ďalších úlohách bolo treba odmerať nejakú fyzikálnu veličinu bez zadania pracovného postupu iba s danými pomôckami (určiť



*Súťažiaci na svojich pracoviskách*

pomocou nite, statívu, silomeru a milimetrového papiera hmotnosť ťažkého závažia; určiť len pomocou prútka veľkosť trecej sily medzi piestom a valcom injekčnej striekačky). Tieto tvorivé úlohy, ktoré nie sú



*Odovzdávanie medailí*

typické pre mnohé olympiády, robili väčšine účastníkov značné problémy. Pri ich riešení museli súťažiaci okrem teoretickej znalosti fyzikálnych zákonov použiť vlastné nápady, ktoré boli vo viacerých prípadoch originálne a nečakané. Ako úplne najkrajšiu a najoriginálnejšiu úlohu celej IEPHO ocenili súťažiaci aj členovia poroty úlohu na meranie zložiek magnetickej indukcie magnetického poľa Zeme v mieste konania súťaže pomocou „magnetky“ zhotovenej z magnetických guľôčok. Takéto guľôčky (v podstate sa jedná o neodymové magnety)





je možné zakúpiť aj v našich obchodoch ako známy „hlavolam“ NeoCub. Ku konkrétnym experimentálnym úlohám (a nielen z tejto súťaže) by sme sa radi vrátili v ďalších samostatných príspevkoch, ktoré by okrem zadání úloh mali obsahovať aj ich rozbor, možné postupy riešenia a dosiahnuté výsledky.

## Záver

Na záver môžeme konštatovať, že slovenskí učitelia a žiaci sa zúčastnili na zaujímavej a veľmi užitočnej súťaži. Organizátori vyslovili snahu v súťaži pokračovať aj v ďalších rokoch a rozšíriť ju aj o účasť družstiev z ďalších krajín. Držíme im v tejto snahe palce a pevne veríme, že o rok si na tomto podujatí už zmeriame sily aj s kolegami z Českej republiky.

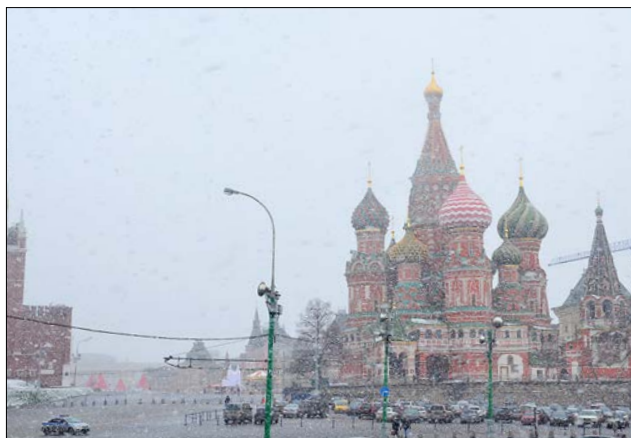


*Strieborná medaila*

Na úplný záver pridávame niekoľko ilustračných fotografií zo zimnej Moskvy.



*Jeden z klenotov Moskvy – metro*



*Prvý sneh v Moskve*



*Ladové sochy na Červenom námestí*



*Let domov - Mesiac a Venuša z okna lietadla*



## Audacity – pokusy z akustiky I.

Tomáš Jerje<sup>1</sup>, Základní škola Chrastava, Přírodovědecká fakulta UHK

Příspěvek pojednává o experimentech z oblasti akustiky, respektive zviditelnění některých vlastností zvuku vhodným softwarem. Poukazuje na důležitost a možnosti aktivizujících metod ve výuce v dnešní době. Motivuje a dává učitelům a všem příznivcům fyziky návody na experimenty, které nejsou finančně nákladné ani náročné na pomůcky. Některé experimenty se dají použít jako doplňující a motivující učivo ve cvičeních nebo praktikách z fyziky.

### Úvod

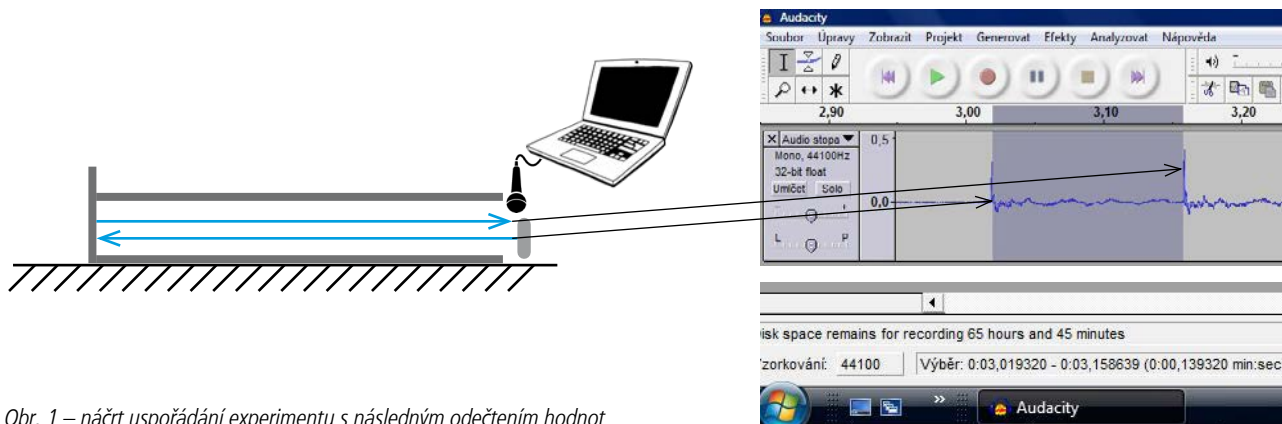
Co přináší dnešní doba za možnosti? Učitelé nemají oblast fyziky týkající se akustiky příliš rádi. Je to i z důvodu, že na školách často chybí demonstrační pomůcky. Učitelé mnohdy nevědí, jaké možnosti pokusů mají. Pro žáky je toto učivo mnohdy nezábavné a neprůhledné. Při tom stačí málo a vše může být jinak. Žáci mohou jednoduše provádět i vymýšlet pokusy doma, bez složitých pomůcek. Stačí jim běžný počítač nebo notebook s mikrofonom a vhodný software. Pravděpodobně nejjednodušší a nejpřehlednější uživatelské rozhraní nabízí program Audacity. Je volně stažitelný z internetu. Není náročný na hardwarovou konfiguraci PC, běží na operačních systémech Windows, Mac OS X a GNU/Linux. Umožňuje i spektrální analýzu zvuku [1].

### Rychlost zvuku

Měření rychlosti zvuku je vděčné téma nejen v deváté třídě. V publikacích najdeme metody, jak rychlost zvuku ve vzduchu určit. Známy experiment využívá ke zjištění rychlosti zvuku ve vzduchu rezonanci zvuku ve svislé trubici. K jednomu konci trubice umístíme zdroj zvuku o známé frekvenci (ladičku, reproduktor), uvnitř trubice měníme výšku vodního sloupce a hledáme dvě sousední výšky hladiny, při kterých dojde k výraznému zesílení zvuku v trubici – rezonanci. Ze znalosti frekvence zvuku a vzdálenosti hladin, při kterých dochází k rezonanci, jsme schopni vypočítat rychlost zvuku. Tento reálný středoškolský experiment je však náročný na přípravu, pomůcky, vyzkoušení i následnou realizaci. Při obdobném experimentu použijeme korkovou drť v pokusu s tzv. Kundtovou trubicí. Ta za ideálních podmínek vykreslí v trubici kmitny a uzly. Vzpomínám si ale, že na střední škole se pokus nepovedl, protože korková drť byla navlhla. Jakým experimentem, vhodným i pro základní školu, elegantněji a stejně názorně změřit rychlost zvuku ve vzduchu? Lze to udělat za pomoci vhodného zvukového softwaru a několika dostupných pomůcek.

#### Pomůcky:

počítač se softwarem, mikrofون, trubice délky alespoň 1 m, zdroj ostře ohraničeného zvuku (cinknutí dvou mincí), překážka na uzavření trubice (kniha, deska)



Obr. 1 – náčrt uspořádání experimentu s následným odečtením hodnot

<sup>1</sup> tomas.jerje@uhk.cz

**Uvedení do problému:**

To, že se zvuk šíří menší rychlostí než světlo, jsme poznali již jako malí, když jsme sledovali bouřku. Po zahlédnutí záblesku trvá určitou dobu, než uslyšíme hrom. I když obě události nastaly ve stejný čas v určité vzdálenosti od pozorovatele, oba jevy se nám zdají být navzájem časově posunuté.

**Popis pokusu:**

Změříme si s přesností na centimetry délku použité trubice. Na jeden konec umístíme překážku, od které se zvuk v trubici odrazí zpět. Umístíme mikrofon na začátek otevřeného konce trubice. Zdrojem ostře ohraničeného zvuku vytvoříme na začátku trubice zvukový impuls. Mikrofon ho zaznamená, zvuk se šíří vzduchem v trubici, na konci se odrazí a vrací se zpět ven z trubice, kde je opět zaznamenán. V programu odečteme časový rozdíl mezi dvěma maximy zaznamenaného zvuku. Ze znalosti času a délky trubice vypočítáme průměrnou rychlost zvuku pro vzduch za dané teploty a tlaku. Nezapomeňte, že se zvuk v trubici šíří tam i zpět, proto je potřeba počítat s dvojnásobnou vzdáleností, než je délka trubice. V případě, že budeme při měření důslední, vychází rychlost zvuku téměř shodně s tabulkovou hodnotou. Při měření dospěli žáci k rozmezí rychlostí zvuku 335–342  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**Shrnutí:**

Aby se zvuk šířil, je zapotřebí, aby prostředí obsahovalo částice, které se podílejí na vedení zvuku. Rychlost zvuku je pak závislá na teplotě, hustotě a druhu materiálu.

**Závislost rychlosti zvuku na teplotě prostředí****Pomůcky:**

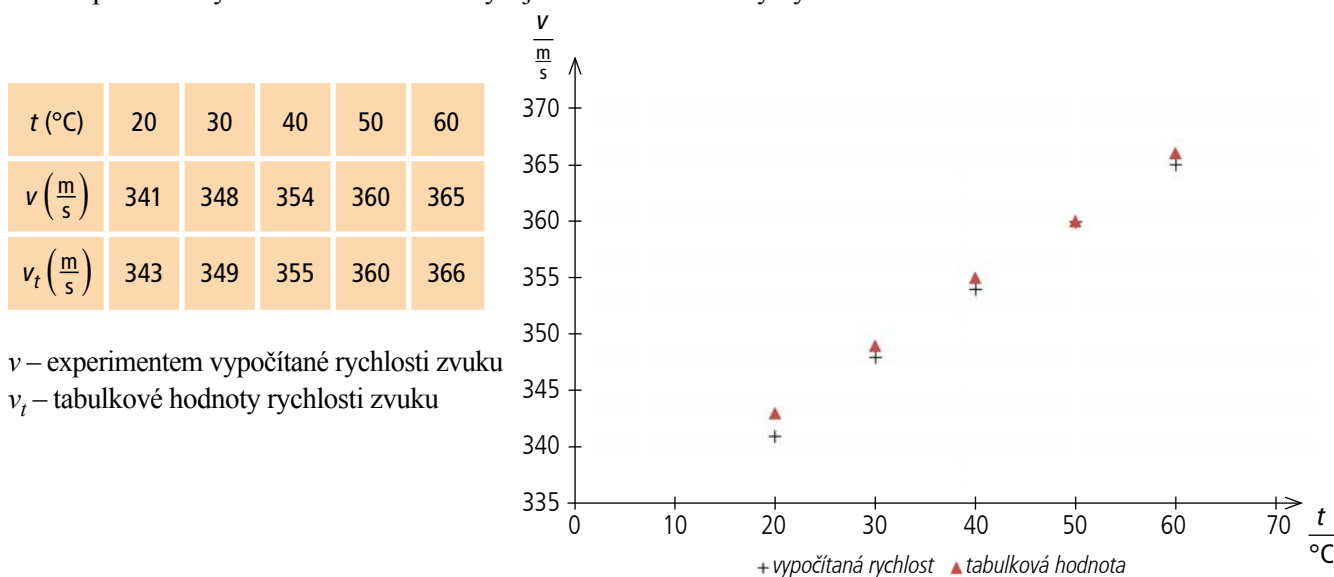
počítač se softwarem, mikrofon, trubice o dané délce, zdroj ostře ohraničeného zvuku (cinknutí dvou mincí), překážka na uzavření trubice (kniha, deska), teploměr, fén

**Popis pokusu:**

Princip měření rychlosti zvuku v trubici pomocí určení dráhy a času již známe z předchozí úlohy. Nyní tuto úlohu rozšíříme o změnu teploty vzduchu uvnitř trubice. Změnu teploty provádíme nejlépe horkovzdušnou pistolí nebo fénem. Dovnitř trubice umístíme čidlo digitálního teploměru. Vzduch v trubici zahřejeme na vyšší teplotu, doporučeno 80 °C. Nyní opakovaně provádíme měření vždy při poklesu teploty vzduchu uvnitř trubice o 10 °C uvnitř trubice. Z naměřených hodnot sestavíme graf závislosti rychlosti zvuku ve vzduchu na jeho teplotě.

**Shrnutí:**

Je patrné, že rychlost zvuku ve vzduchu je teplotně závislá. K šíření zvuku je potřeba prostředí s částicemi. S rostoucí teplotou se rychlost částic v látce zvyšuje. Při měření se žáci vyšla závislost následovně:



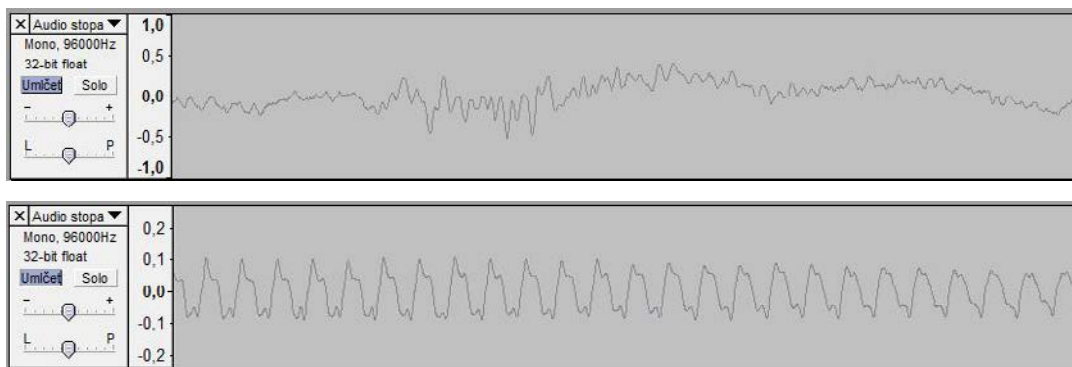
Tab. a graf 1 – závislost rychlosti zvuku ve vzduchu na teplotě vzduchu



## Hluk nebo tón

### Pomůcky:

PC se softwarem Audacity, mikrofon, flétna a papír



mačkání papíru

zvuk flétny

Obr. 2 – časové závislosti průběhu zvuků

### Uvedení do problému:

Proč uchu některé zvuky lahodí a některé zase ne? To, jestli je zvuk uchu příjemný a nakolik, ovlivňuje spousta faktorů. Jedním z nich je i fakt, zda se jedná o tón nebo hluk. Už z názvu můžeme usoudit, co bude pro náš sluch přívětivější.

### Popis pokusu:

Pokus patří mezi nejjednodušší pokusy z oblasti akustiky. Můžeme jeho pomocí zviditelnit rozdíl mezi hlukem a tónem. Je pouze potřeba zaznamenat zvuk při mačkání či trhání papíru a v novém okně softwaru zobrazit zvuk, který vzniká hrou na flétnu či jiný hudební nástroj.

### Shrnutí:

Z časových závislostí je patrné, že se jedná o dva různé zvuky, které vnímáme odlišně. Zvuky s pravidelným průběhem a určitou výškou, délkou, silou a barvou nazýváme tóny. V opačném případě se jedná o hluk.

## Rozsah slyšitelnosti

### Pomůcky:

PC se softwarem Audacity, reproduktor



Obr. 3 – slon africký [2]



Obr. 4 – myš [3]

### Uvedení do problému:

Jak se dorozumívají a orientují netopýři, jak komunikují delfini na velkou vzdálenost a sloni až na desítky kilometrů? Proč my to neslyšíme? Proč nám jsou některé tóny příjemné a některé rvou uši? Proč plašič hlodavců neplaší i lidi? Proč po zapískání na psí píšťalku pes přiběhne, ale já nic neslyšel? Nejsem hluchý, jen jsou zvuky, které mohu slyšet, a jsou zvuky, které mohou slyšet jen zvířata. Proč babička neslyší to, co já?



**Popis pokusu:**

Tento experiment se dá v případě naprostého klidu provádět frontálně s celou třídou. Pokus spočívá v tom, že využijeme funkce programu ke generování periodického zvuku o určité frekvenci. Tuto frekvenci zvyšujeme až do cca 19 000 Hz (většina žáků již tuto frekvenci neslyší, navíc většinou ani nemáme k dispozici kvalitní reproduktor, který by dokázal zprostředkovat zvuk o takto vysokých frekvencích). Žák zapíše frekvenci, kterou slyšel jako poslední.

**Shrnutí:**

Každé ucho je jedinečné, obecně však platí, že zdravé ucho mladého člověka slyší frekvence v rozmezí 16 Hz až 20 000 Hz. Někde mezi těmito hodnotami se nachází i náš slyšitelný rozsah. Někteří žáci přestávají slyšet zvuk již na frekvenci 16 000 Hz, jiní slyší zvuk přes 18 000 Hz. Je to dáno fyziologickými vlastnostmi ucha, stářím člověka, ale i tím, jak mají žáci uši poškozené nadměrně hlasitým zvukem ze sluchátek.

**Zajímavost:**

Obecně platí, že novorozeně má bubínek nejvíce elastický a ucho slyší nejvyšší tóny. Čím je člověk starší, tím se mez snižuje. V 70 letech se člověk zpravidla dostane na hranici okolo 13 000 Hz.

**Vznik zvuku****Pomůcky:**

reproduktor, MP3 přehrávač s hudbou, laser, zrcátko



Obr. 5 – reproduktor se zrcátkem



Obr. 6 – stopa laserového paprsku

**Uvedení do problému:**

Určitě si každý všiml, že pokud vydává zvuk, cítí v krku mírné vibrace. Vibrace způsobují hlasivky, které jsou rozkmitány procházejícím vzduchem. **Čím je** tedy zvuk, který slyšíme, obecně vytvářen?

**Popis pokusu:**

K tomuto experimentu je vhodný reproduktor, u kterého je přístupná membrána. Na membránu položíme kousek odrazné plochy, nejlépe malé zrcátko. Na zrcátko posvítíme laserovým paprskem a na stropě díky odrazu vidíme obraz, pouhou tečku. Když do reproduktoru přivedeme signál, nejlépe písničku, na stropě můžeme pozorovat světelné stopy vytvořené laserovým paprskem.

**Shrnutí:**

Při rozezvučení reproduktoru se začne membrána společně s kouskem zrcátka chvět, a proto se bude pohybovat i světelný bod na stropě. Vlivem setrvačnosti zrakového vjemu se tento pohybující bod jeví jako křivky kreslené na stropě místnosti. Tím se dá ukázat, že zvuk vzniká v důsledku chvění tělesa.

**Literatura a obrázky**

- [1] Audacity. *Audacity* [online]. 2005, 2012 [cit. 2013-07-11]. Dostupné z: <<http://audacity.sourceforge.net/?lang=cs>>
- [2] <http://paulica.nolimit.cz> [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <<http://paulica.nolimit.cz/rubriky/slon-pro-stesti>>
- [3] <http://www.benateckyctyrlistek.eu> [online]. [cit. 2013-07-21]. Dostupné z: <<http://www.benateckyctyrlistek.eu/wp-content/uploads/2012/09/mys-01.jpg>>.



## Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky II. — Překážky tvořivosti a motivace žáků

Václav Meškan<sup>1</sup>, Základní škola a Mateřská škola Dubné

Druhý díl série věnované rozvoji tvořivosti ve výuce fyziky na základní škole se zabývá přípravnou fází tvůrčí výuky fyziky, která spočívá v zajištění vhodných podmínek, odstranění překážek kreativity, vytvoření tvůrčí atmosféry a motivaci žáků. Teoretická část článku představuje některá doporučení k odstranění bariér tvořivosti a zvýšení vnitřní motivace žáků k tvůrčí činnosti. V závěru jsou uvedeny konkrétní náměty na tvořivé divergentní fyzikální úlohy z oblasti „fyzikální veličiny a jejich měření“.

### Úvod

Druhý díl série věnované rozvoji kreativity ve výuce fyziky se zabývá procesem předcházejícím samotné tvůrčí činnosti. Tato nezbytná přípravná fáze tvůrčí výuky spočívá v přípravě podmínek pro tvůrčí činnost a motivaci žáků.

Ačkoliv určitá míra kreativity je dětem vlastní (o čemž mnohdy svědčí výzdoba školních toalet a blízkého okolí školy), dosáhnout řízeného tvůrčího procesu přímo v prostředí školní výuky nebývá snadné. Připomeňme si, že ve tvůrčí výuce fyziky nejde o spontánní imaginaci a kreativní hraní, ale o poměrně vážné metody tvůrčího řešení problémů, které hrají zásadní roli i při řešení reálných vědeckých a technických problémů, stejně jako při řešení problémů všedního života. Cílem výuky je rozvoj kreativního myšlení žáků a výuka tvůrčího řešení pomocí vhodných heuristických postupů.

Kreativní řešení problémů je vysoce komplexní myšlenkový proces, který vyžaduje plnou angažovanost žáka. Motivace ke kreativní činnosti přitom nemůže být vnucená zvenku, ale musí vycházet z žákova nitra. Tvůrčí jedinec tvoří proto, že ho to baví a naplňuje, nikoliv proto, že jej někdo nutí. Při tlaku zvenčí nelze skutečné tvořivosti dosáhnout.

Ke správné přípravě a vedení tvořivé výuky je kromě zásoby námětů na kreativní činnost nutná rovněž znalost teorie tvořivosti a metodiky tvůrčí výuky. Podobně jako první díl bude tedy i tento článek rozdělen na úvodní teoretickou část a vybrané náměty tvůrčích divergentních úloh na závěr.

### Bariéry tvořivosti

Důležitou funkcí učitele v tvůrčí výuce je vytvoření vhodných podmínek pro kreativní práci, která spočívá především v odstraňování různých překážek tvořivosti. „*Tvořivá práce vyžaduje pohodu, důvěru, odstranění napětí a také dostatek času pro přemýšlení a prožívání.*“ (Josef Maňák in [1]) Mezi typické školské překážky tvořivosti patří [1]:

- orientace na úspěch;
- konformita se skupinou;
- zákaz otázek;
- rozlišování práce a hry;
- preference konvergentních úloh;
- autoritářství;
- nízká tolerance vůči selhání;
- práce pod tlakem;
- preferování usedlého učení;
- zanedbávání motivace.

K výčtu překážek tvořivosti ve školní výuce je navíc nutné dále přidat nedostatek času, který je pro klasickou výukovou hodinu typický, a neznalost metod a zásad tvůrčího řešení (těm bude věnován prostor v některém z dalších dílů této série).

Učitel v tvůrčí výuce by se měl neustále snažit tyto překážky kreativity překonávat. Chcete-li vytvořit příznivé podmínky, ve kterých je možné úspěšně rozvíjet tvořivost žáků:

1. Odstraňte vnější motivaci zaměřenou na úspěch, uspokojení a motivaci poskytuje vlastní kreativní činnost.
2. Vytvořte ve třídě atmosféru, která umožní tvořivému jedinci nacházet se ve stavu *psychologického bezpečí*, kdy se nemusí obávat výsměchu a vyčlenění z kolektivu. Nejdůležitějším faktorem rozhodujícím o tom, jestli

<sup>1</sup> meskan@email.cz

budou tvořivé schopnosti jedince vlivem jeho sociálního prostředí podporovány, nebo naopak utlumovány, je, nakolik toto prostředí přijímá a oceňuje projevy jeho kreativity. V přijímajícím sociálním prostředí je kreativní jedinec méně úzkostný a jeho prvotním zdrojem motivace je uspokojení ze zkoumání a objevování, namísto snahy vyhýbat se úzkosti.

3. Podporujte žáky ve zvědavosti, poskytněte jim prostor pro dotazy a vlastní badatelskou činnost. Fyzika přímo vybízí k badatelsky orientovanému pojetí výuky.
4. Připusťte, že i hra a humor může být organickou součástí výuky, hra a humor mají velký motivační potenciál a v rozumné míře, která neodvádí pozornost od předmětu výuky, mohou být velmi užitečné – pomáhají velmi rychle naladit celou třídu na společnou tvůrčí vlnu (podrobněji například [2]).
5. Nebud'te autoritativním „osvíceným diktátorem“ a středobodem dění ve třídě, staňte se demokratickým facilitátorem. Příliš se nad žáky nepovyšujte, velmi snadno to vycítí a uzavrou se vůči vám. Staňte se jejich partnerem a průvodcem.
6. Podporujte ochotu žáků riskovat neúspěch, odstraňte strach ze špatné známky a fatální dopad případného neúspěchu. Dílčí neúspěch neznamená nic jiného, než že příště se to povede lépe.
7. Vytvořte pozitivní atmosféru bez zbytečného napětí ve vzduchu.
8. Omezte pasivní pamětní učení a zaměřte se na rozvoj samostatnosti a aktivity žáků.
9. Motivujte žáky.

Je to skutečně tak, že tím, kdo zásadní měrou rozhoduje o kvalitě výuky, je učitel. Zatímco Smékal [3] varuje, že *neurotický učitel dokáže velmi rychle „zneurotizovat“ mnoho dětí ve své třídě*, Petrová [4] naopak dodává, že *pro uplatnění tvořivého přístupu a vzniku tvořivé atmosféry ve vyučovací hodině je důležité, aby učitelé sami měli vlastnosti, které jsou příznačné pro tvořivé osobnosti, tedy aby sami byli tvořivými – tvořiví učitelé mají i tvořivé žáky*.

S překážkami kreativity souvisí i problematika *funkční fixace*, která vzniká s rostoucí tvůrčí zkušeností. S rostoucím množstvím vyřešených úloh vzrůstá množství nabytých zkušeností. Zatímco v jiných oblastech lidské činnosti je ovšem množství zkušeností výhodné, v případě tvůrčí činnosti tomu tak být nemusí. Minulá zkušenost může řešení problémů i ztěžovat, a to tehdy, je-li jednostranná a vytvoří-li se návyk řešit úlohy určitým způsobem, který se pro nové podmínky nehodí. Petrová [4] definuje tvůrčí zkušenost jako osvědčené a vyhovující postupy řešení, které odpovídají vlastnostem tvůrce i druhům řešených problémů, a upozorňuje, že se tato zkušenost může stát brzdou silou tvořivosti. Funkční fixaci popisuje jako zvláštní druh návyku, který nám často ztěžuje vyřešení určitého problému. Učitel v tvořivé výuce by měl při zadávání tvůrčí činnosti neustále žáky nabádat k hledání nových neotřelých řešení.

## Cesty k motivaci žáků

Zásadní otázkou zůstává, jak žáka motivovat k řízené usměrněné tvůrčí činnosti. Od začátku je zdůrazňováno, že je to především úroveň *vnitřní motivace*, která je pro tvůrčí činnost nutná (např. [5]). Vnější motivace může naopak působit negativně, zejména proto, že snaha dosáhnout odměny, případně se vyhnout trestu, žáka vede ke „hře na jistotu“ a odrazuje jej od hledání alternativních tvůrčích cest. Motivem k činnosti musí být vlastní zájem o činnost a chuť tvořit.

Nejjednodušším vodítkem ke zvýšení zájmu žáků o výuku je připravit takové aktivity, které žáky baví.

Výzkum provedený kolektivem autorů v roce 2005 [6] se zabýval mimo jiné studiem oblíbenosti jednotlivých činností ve výuce fyziky a četností jejich výskytu ve výuce (výsledky pro základní školy jsou uvedeny v tab. 1). Zkoumanými činnostmi, k nimž se měli žáci vyjadřovat, byly:

- pokusy prováděné učitelem (demonstrační pokusy);
- promítání výukového videa, promítání filmu;
- pokusy prováděné žáky (frontální pokusy);
- využití internetu ve výuce, výklad nové látky;
- referáty;
- vyprávění učitele;
- řešení početních úloh;
- opakování učiva.





Činnost	Pokusy učitele	Video	Film	Pokusy žáků	Internet	Výklad	Referáty	Vyprávění	Úlohy	Opakování
Oblíbenost	5,09	4,96	4,87	4,85	4,77	3,72	3,13	3,12	2,69	2,08
Výskyt	2,79	1,36	1,06	2,15	0,86	5,07	1,42	0,94	4,01	3,56

Tab. 1: Oblíbenost a výskyt činností při výuce fyziky [6].

Bodování na škále 0-6; 6 znamená maximální pozitivní hodnocení, příp. zařazení aktivity každou vyučovací hodinu.

Z výsledků dílčího výzkumu prezentovaných v tabulce vyplývá, že činnosti, které by žáci ve výuce preferovali, jsou bohužel současně zařazovány nejméně. Na jiném místě výsledky stejného výzkumu navíc ukazují, že žáci učivo fyziky vnímají jako nepotřebné pro život a kromě dosažení dobrých známek nevidí často jiný smysl učení se fyzice. Z tohoto výzkumu je možné vyvodit některá užitečná doporučení pro zvýšení zájmu žáků o fyziku:

- Není důvod zařazovat do výuky více filmů a videa jen proto, že žáky taková výuka baví více, ale současně je možné, dokonce nutné, zařazovat více demonstračních a frontálních experimentů. Tyto by měly být v praxi zcela běžnou a organickou součástí výuky fyziky. Budování poznatků z fyziky by mělo probíhat především v rámci experimentování.
- V současné době se otevírá řada nových možností ke konstruktivnímu využití výpočetní techniky a internetu ve výuce. Učitel by měl tyto možnosti vyhledávat a učit se novým možnostem jejich začleňování do výuky.
- Učitel by měl být schopen přiblížit fyziku každodennímu životu užíváním aktuálních příkladů a zařazováním předmětů každodenního použití. Měl by stavět nové poznatky na dosavadních zkušenostech žáka.

Höfer a kol. [6] na základě provedeného výzkumu uvádí další doporučení: „V žebříčku oblíbenosti přírodních předmětů a matematiky na základní škole je fyzika statisticky nejméně oblíbená. Vzhledem k tomu je smysluplné zařazování témat z oborů biologie, biofyziky, zeměpisu a především informatiky ve vyučování fyzice.“

Další cesty ke zvýšení žákovy vnitřní motivace k fyzice a k tvůrčí činnosti je nutné hledat v psychologii. Teorie tvrdí, že rozvoje vnitřní motivace žáka lze dosáhnout *aktualizací přirozených potřeb žáka*. Psychologické potřeby, jež mají vztah k motivaci žáka ke školní práci, jsou (např. [7]):

- **Potřeba poznávací** – žák musí chápat smysluplnost předmětu. Činnosti při výuce by měly být problémového charakteru, žák by měl cítit potřebu vyhledávat chybějící informace k vyřešení rozporu a uspokojení své potřeby.
- **Potřeba pozitivních vztahů** – žákova aktivita při vyučování by měla být kolektivem pozitivně hodnocena, nečinný žák by naopak neměl být oceňován učitelem ani spolužáky. Takového stavu lze dosáhnout v celkové příjemné uvolněné nestresující atmosféře při smysluplné činnosti.
- **Výkonová potřeba** – žák je schopen vykonávat i relativně obtížnou činnost, pokud má naději být odměněn vlastním úspěchem a oceněním učitele a spolužáků. Kromě pozitivních vztahů v kolektivu je nutné dbát na přiměřenou obtížnost předkládaných úkolů (viz dále – diferenciace výuky).
- Kreativní činnost je sama o sobě přirozenou potřebou jedince a možnost uplatnit svou tvořivost při vyučování je tedy sama o sobě silně motivující [8][9]!

Aktualizací potřeb žáka, příležitostí k tvůrčí činnosti a smysluplností předkládaného učiva se zvyšuje zájem žáka o předmět, a tím i důležitá vnitřní motivace k další tvůrčí činnosti.

## Zvýšení zájmu o fyziku individualizací a diferenciací učiva

Pomoc při zvyšování zájmu žáků nabízí možnost využít žákových individuálních zájmů a zálib, a přiměřená výzva.

**Individualizace učiva** – je-li to vhodné, nabídněte žákovi možnost věnovat se ve výuce tématu podle vlastního výběru, které jeho samotného zajímá. Prostor k individuálnímu výběru tématu přímo nabízejí některé výukové metody, jako je referát či výukový projekt.

Některé náměty rámcových témat na samostatnou práci či výukový projekt:

- Rekordmani v říši zvířat – referát či projekt zaměřený na porovnání fyzikálních veličin v říši živočichů (rozměry, hmotnosti, rychlost, síla, výkon, ...);
- Rekordy v architektuře – pozoruhodné parametry některých architektonických unikátů, mrakodrapy, věže, mosty, podzemní stavby, vojenská opevnění, divy světa;
- Síla přírody – fyzika živelných katastrof, zkrocení přírodních živlů v energetice, ...;
- Energie ve sportu – aplikace zákona zachování energie, různé druhy energie a jejich přeměny v oblíbeném sportu;
- Fyzika v autě – aplikace poznatků z fyziky v automobilech a při jízdě automobilem (tření, odpor prostředí, energie a bezpečnost, alternativní pohony);
- Fyzika ve filmu – „realita“ v oblíbeném sci-fi filmu zorným polem fyziky, kritické hodnocení scén ve filmech a omyly filmařů;
- Vzdálenosti a rozměry ve vesmíru – měření vzdáleností a rozměrů v astronomii, rozměry, vzdálenosti a hmotnosti vesmírných těles, srovnání.

Nabízí se také využít technické či přírodní památky z okolí školy a bydliště žáků. Důležité ovšem je, aby žáci sami měli možnost si své téma zvolit, buď výběrem z několika návrhů, nebo podle vlastního námětu.

Tvůrčí divergentní fyzikální úlohy, jako úlohy s vysoce otevřeným zadáním (viz 1. díl této série [10]), mají volnost výběru tématu implementovanu již ze své podstaty v sobě, neboť umožňují žákovi značnou svobodu v postupu řešení.

Příklad otevřených divergentních úloh:

- Uveď a popiš co nejvíce fyzikálních jevů, se kterými jsi se setkal/a o víkendu.
- Nakresli obrázek na téma fyzika v mém pokoji.
- Vymysli úlohu na téma výpočet tíhové síly a vymysli krátký příběh, který bude sloužit jako zadání úlohy.

**Diferenciace úkolů podle obtížnosti** – jednou z cest k motivaci žáka je přiměřená výzva, které musí ve vyučování čelit. Demotivující jsou úkoly, které žák hodnotí jako příliš snadné, i úkoly, které jsou pro daného žáka příliš obtížné. Postavit všechny žáky před přiměřenou výzvou ve třídě, ve které žáci vždy dosahují rozdílné úrovně dovedností a schopností, je ovšem velmi obtížné. Velmi výrazné jsou tyto rozdíly právě na základních školách.

Tam, kde je to možné, se jako zajímavé řešení jeví diferenciace úloh podle jejich obtížnosti, kdy učitel předloží žákům několik úloh s různou obtížností a vyzve je, aby si vybral každý žák úlohu libovolné obtížnosti. Základní instrukcí ovšem je, že tuto úlohu musí vyřešit. Psychologický efekt této metody je velmi zajímavý. Slabší žáci dostávají vzácnou možnost zažít v obtížné fyzice úspěch. Tito žáci, povzbuzeni úspěchem, mají tendenci volit později i úlohy obtížnější. Tato metoda je vhodná a použitelná i v prostředí tvůrčí výuky fyziky při řešení divergentních fyzikálních úloh. Příkladem jsou diferencované úlohy na téma *vztlaková síla*:

1. Nakresli obrázek na téma vztlaková síla.

2. Vyřeš následující úlohu  
a vymysli k ní smysluplné  
a vtipné slovní zadání:

$$V = 3 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$


---


$$F_{vz} = ? \text{ N}$$



3. Nakresli obrázek, který bude sloužit jako zadání úlohy na výpočet vztlakové síly.
4. Vymysli úlohu na výpočet velikosti vztlakové síly, aby výsledek byl 1 000 N.
5. Vymysli úlohu na výpočet velikosti vztlakové síly, aby výsledek byl 10 mN, a vymysli příběh, který bude sloužit jako zadání příkladu.

## Úlohy na závěr

Další díl připravované série bude věnován divergentním úlohám a problematice hodnocení v tvořivé výuce. Díly následující budou věnovány myšlenkovému mapování, metodice a zásadám tvůrčího řešení, využití ICT v tvůrčí výuce fyziky a dalším aspektům tvůrčí výuky fyziky.

Každý díl série věnované rozvoji kreativity ve výuce fyziky bude, stejně jako úvodní díl, zakončen sadou několika námětů na tvůrčí divergentní fyzikální úlohy. Struktura, hodnocení a metodice řešení divergentních úloh bude věnován samostatný díl. Na tomto místě bych chtěl ovšem, s odkazem na předchozí text, nejprve uvést příklad zdařilé výukové hry podle námětu Moniky Šrajlové [11]:

## Částice na scéně

Děti jsou rozdělené do skupinek po čtyřech až pěti, přičemž úkol plní vždy dvě skupinky současně. Dvojice skupinek si vylosuje lístek s názvem určitého fyzikálního jevu. Členové skupinky pak představují částice látky – atomy a molekuly – a předvádějí z pohledu těchto částic bez mluvení určený fyzikální jev (tání látky, difúze, Brownův pohyb, ochlazování, vedení tepla, ...). K dispozici nemají žádné pomůcky. Ostatní skupinky hádají, jaký jev je předváděn, a své tipy zapisují na papír.

Během vyhodnocení, které probíhá ihned po scéně, prozradí všechny skupinky postupně své tipy s odůvodněním. Za správné uhodnutí skupinka získává bod.

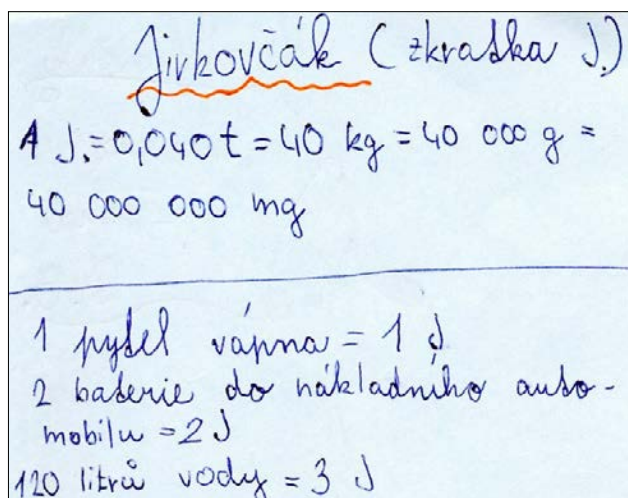
Následují vybrané náměty divergentních fyzikálních úloh na téma „Veličiny a jejich měření“:

## Délka

1. Vymysli si vlastní jednotku délky a její násobky. Urči převodní vztahy mezi tvou novou jednotkou a metrem. Vytvoř prototyp své jednotky.
2. Navrhni postup, jak pomocí pravítka určit tloušťku okvětního lístku růže. Svůj postup popiš.
3. Vymysli a popiš co nejvíce způsobů, jak určit hloubku studny. Uveď i zhodnocení, který z postupů je nejvhodnější a proč.
4. Vymysli a popiš alespoň tři způsoby, jak změřit šířku rybníku. Zhodnoť, který z postupů je nejvhodnější a proč.
5. Navrhni co nejvíce způsobů, jak pomocí notebooku určit šířku Malše v Českých Budějovicích.







## Hmotnost

1. Navrhni a vyrob vlastní váhu.
2. Navrhni postup a vypracuj návod, jak pomocí polévkové lžice změřit hmotnost jablka. Měření proved' a zveřejni výsledek svého postupu. Tím prokážeš, že postup je vhodný.
3. Vymysli způsob, jak pomocí kuchyňské váhy určit hmotnost motýla, aniž by motýlovi bylo ublíženo. Svůj návrh zdůvodni.
4. Vymysli si vlastní jednotku hmotnosti. Urči převodní vztahy mezi tvou novou jednotkou a kilogramem. Uveď příklad využití.

## Objem

1. Vymysli alespoň pět různých slovních úloh, aby jejich výsledek byl 5 litrů.
2. Vypracuj návod k výrobě vlastního odměrného válce.
3. Uprav některou známou hru (pexeso, domino, ...) tak, aby v ní šlo o převody jednotek objemu.

## Čas

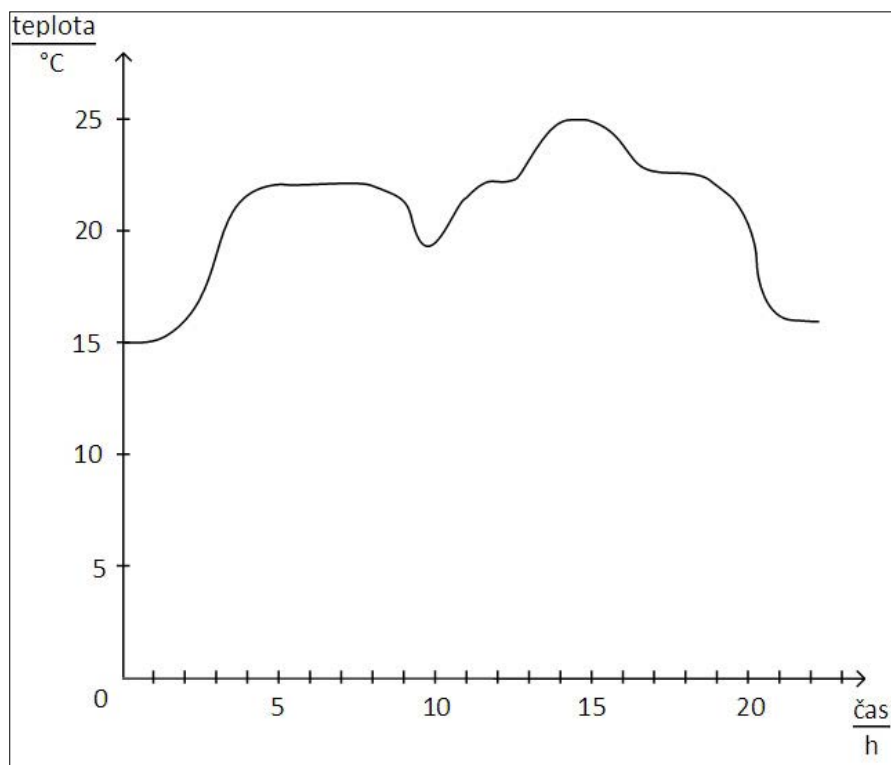
1. Navrhni způsob, jak pomocí váhy změřit čas (dobu trvání nějakého děje). Navrženým způsobem proved' měření délky určitého fyzikálního děje.
2. Vymysli co nejvíce dějů, které se pravidelně opakují.
3. Vypracuj návod na výrobu slunečních hodin.
4. Vymysli krátký detektivní příběh, kde klíčem k vyřešení případu budou převody jednotek času.



Vtip na téma teplotní roztažnost

## Teplota

1. Navrhni vlastní teplotní stupnici: Urči význačné body tvé stupnice přepočtem na Celsiovu stupnici (jaká teplota ve °C je 0 tvých stupňů, jaká teplota ve °C odpovídá 100 tvých stupňů). Můžeš také ze starého teploměru vyrobit teploměr, který bude měřit teplotu ve tvých stupních.
2. Graf znázorňuje průběh teploty v místnosti. Vymysli alespoň dvě různé verze toho, co se v místnosti během dne mohlo dít.



### Hustota

1. Nakresli obrázek, na kterém budou dvě tělesa o stejné hmotnosti, ale různé hustotě.
2. Vymysli způsob, jak určit průměrnou hustotu makového koláče.
3. Navrhni experiment, kterým bys určil, zda má větší hustotu jablko nebo pomeranč.



4. Vypočítej následující úlohy a vymysli pro ně vhodná slovní zadání:

$$\begin{array}{l} \text{a) } m = 60 \text{ kg} \\ V = 80 \text{ l} \\ \hline \rho = ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{b) } \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ V = 0,02 \text{ m}^3 \\ \hline m = ? \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{c) } \rho = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ m = 5 \text{ t} \\ \hline V = ? \text{ m}^3 \end{array}$$

5. Vymysli alespoň tři odlišné úlohy, aby výsledek byl  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

**Použitá literatura**

- [1] MAŇÁK, Josef. *Stručný nástin metodiky tvořivé práce ve škole*. 1. vyd. Brno: Paido, 2001. ISBN 80-7315-002-6.
- [2] JURČOVÁ, Marta. *Humor při stimulácii tvorivosti ve škole*. In *Tvořivá škola: sborník z celostátního semináře k problematice tvořivé školy, který se konal dne 16. 9. 1998 na Pedagogické fakultě MU v Brně*. 1. vyd. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-63-X.
- [3] SMÉKAL, Vladimír. *Úloha školy v rozvíjení aktivity, samostatnosti a tvořivosti žáků*. In *Tvořivá škola: sborník z celostátního semináře k problematice tvořivé školy, který se konal dne 16.9.1998 na Pedagogické fakultě MU v Brně*. 1. vyd. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-63-X.
- [4] PETROVÁ, Alexandra. *Tvořivost v teorii a praxi*. 1. vyd. Praha: Vodnář, 1999. ISBN 80-86226-05-0.
- [5] LOKŠOVÁ, Irena, LOKŠA, Jozef. *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole*. 1. vyd. Praha: Portál, 1999. ISBN 80-7178-205-X.
- [6] HÖFER, Gerhard, PŮLPÁN, Zdeněk, SVOBODA, Emanuel. *Výuka fyziky v širších souvislostech – názory žáků, Výzkumná zpráva o výsledcích dotazníkového šetření*. ZČU, Fakulta pedagogická, Plzeň 2005. ISBN 8070434368.
- [7] ČÁP, Jan, MAREŠ, Jiří. *Psychologie pro učitele*. 2. vyd. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-90-7367-273-7.
- [8] KLIČKOVÁ, Marie. *Problémové vyučování ve školní praxi*. 1. vyd. Praha: SPN, 1989. ISBN 80-04-23522-0.
- [9] SAWREY, James, M., TELFORD, Charles, W. *Educational psychology : psychological foundations of education*. 1. vyd. Boston: Allyn and Bacon, INC., 1968.
- [10] MEŠKAN, Václav. *Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky I. – Tvůrčí řešení problémů, pedagogicko-didaktické aspekty rozvoje tvořivosti ve fyzice*. In *Školská fyzika* [online]. 4. 12. 2013[cit. 28. 2. 2014]. ISSN 2336-2774. Dostupné z <http://sf.zcu.cz/cs/2013/4/3-rozvoj-tvorivosti-ve-vyuce-fyziky-i-tvurci-reseni-problemu-pedagogicko-didakticke-aspekty-rozvoje-tvorivosti-ve-fyzice>.
- [11] ŠRAJLOVÁ, Monika. *Katalog námětů k opakování učiva fyziky na ZŠ formou hry*. Diplomová práce obhájená na MFF UK v Praze v roce 2005.





## Jakou barvu mají mraky?

Václav Piskač<sup>1</sup>, Gymnázium třída Kapitána Jaroše, Brno

Článek se zabývá optickými jevy spojenými s mnohočetnými odrazy a lomy světla v soustavách miniaturních čirých objektů.

### Úvod

Název článku pokládá na první pohled triviální otázku: „Jakou barvu mají mraky?“ Každý přece z vlastní zkušenosti ví, že mraky jsou někdy bílé, někdy šedé, někdy černé, při východu nebo západu Slunce dokonce načervenalé...



Obr. 1 – pastviny Nízkých Tater

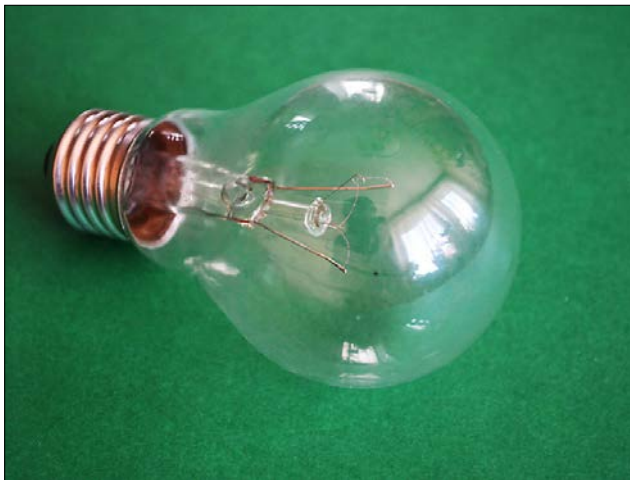


Obr. 2 – podzimní Beskydy

Skoro každý ale také ví, že se mraky skládají z vodních kapek a krystalků ledu. Vodní kapka je čirá a krystalek ledu také. Takže jakou barvu mají mraky?

### Drcené sklo

Kdo má zájem, ať si sám zkusí následující: vezměte čirou žárovku, zabalte ji do silného sáčku a roztlučte kladivem. Nejprve získáte hromádku čirých střepů. Když budete vytrvalí, začnou se po dalších úderech měnit v bílý prášek. Ano – z ČIRÉHO skla se drcením stává BÍLÝ prášek.



Obr. 3 – původní žárovka



Obr. 4 – drcené čiré sklo

<sup>1</sup> vaclav.piskac@seznam.cz



Co se to stalo? Světlo se při dopadu na sklo odráží a láme. Pokud světlo dopadne na spoustu drobků střípků, dochází k mnohočetným odrazům a lomům. Navíc zde také dochází k ohybu světla a paprsky vychýlené z původního směru spolu interferují. Světlo se proto rozptyluje rovnoměrně do všech směrů – vzniká dojem bílé plochy.

Díky tomuto jevu (tj. rozptylu světla na soustavě miniaturních čirých objektů) je nádherně bílý čerstvě napadlý sníh, kuchyňská sůl i kancelářský papír.

Papír je tvořen slisovanými vlákny celulózy, která jsou čirá. Přesvědčíme se o tom známým pokusem. Na kancelářský papír kápneme stolní olej – vznikne průhledná (nebo alespoň průsvitná) skvrna. Olej má podobný index lomu jako celulóza. Když vyplní mezery mezi vlákny, světlo prochází bez odrazů a lomů – papír zprůhlední.



Obr. 5 – mastná skvrna

## Vliv osvětlení

Drcené sklo je vhodné uchovávat v pevné, průhledné nádobce. Když na drť posvítíme laserovým ukazovátkem, je vidět, že skleněné střípky rozptylují světlo převážně zpět a do stran. Skrze silnější vrstvu střípků světlo neprojde. Slabší vrstva světlo částečně propouští.



Obr. 6 – rozptyl světla



Obr. 7 – částečný průchod světla

Pokud nechcete ve škole přechovávat relativně nebezpečné drcené sklo, lze pokus ukázat i na kuličkách z čirého skla.



Obr. 8 – skleněné kuličky

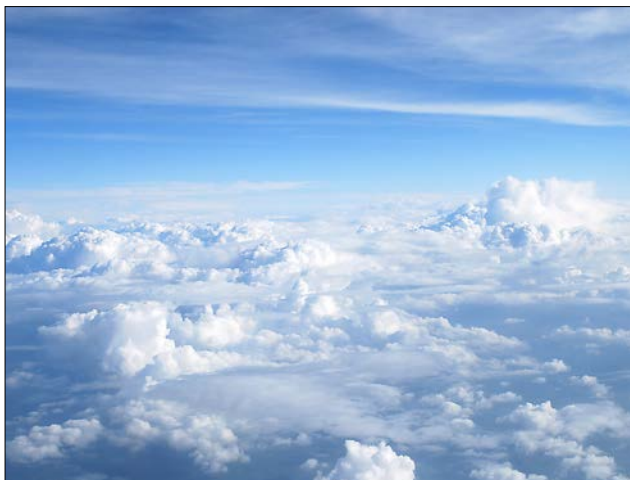


Obr. 9 – rozptyl světla

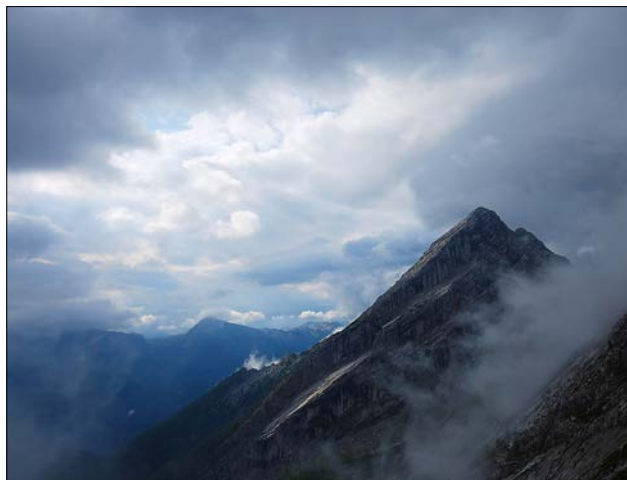
## A znovu mraky

Takže zpět k úvodní otázce: „Jakou barvu má mrak?“. Mrak je soustavou obrovského počtu čirých objektů, které rozptylují dopadající světlo – barva mraku závisí na jejich velikosti a hustotě a dále na tom, jaké světlo a ze které strany na něj dopadá. Podrobně tuto problematiku rozebral v roce 1908 Gustav Mie – proto se nazývá Mieův rozptyl.

Během dne jsou všechny mraky z osvětlené strany bílé – ví to každý, kdo někdy letěl dopravním letadlem. Z opačné strany jsou šedé – stupeň šedi závisí na tom, kolik světla propustí.



Obr. 10 – nebe nad Německem



Obr. 11 – hřeben Watzmann

Nejtmavší jsou bouřkové mraky – zespodu. Shora jsou bouřkové mraky nejbělejší – nejlépe odrážejí světlo. Mohou za to velké dešťové kapky udržované v bouřkovém mraku. Všimli jste si někdy toho, že jakmile se za bouřky rozprší, změní se barva mraku na světle šedou? Velké kapky vypadnou z mraku hned na začátku (když se v něm zastaví vzestupné proudění) a malé kapky, které v něm zůstaly, nejsou tak dobrými odražeči světla.

Červánky při východu nebo západu slunce má na svědomí červené světlo, které na mraky dopadá. Do růžova se díky němu zabarvují i kondenzační čáry za tryskáči či pára vycházející z chladicích věží elektráren. Kdyby se slunce u obzoru zabarvovalo do zelena, budeme mít na obloze „zelenánky“.

## Závěr

Příroda je nepříjemná v tom, že na jednoduše položené otázky dává velmi komplikované odpovědi. Na druhou stranu považují za úžasné dobrodružství tyto odpovědi hledat.



## Trpasličí model elektrického proudu

Petr Špína<sup>1</sup>, První soukromé jazykové gymnázium, Hradec Králové

Tento příspěvek vychází z povídání, jímž přibližuji žákům pojem elektrického proudu a napětí. Jeho účelem je poskytnout názornější a pochopitelnější představu elektrických veličin – byť přibližnou a (jak by mnozí namítli) příliš personifikovanou. V průběhu výuky se k modelu vracím a používám jej při vysvětlování dalších veličin. Pochopitelně nemůže nahradit základní experiment, definiční vztahy a definice. Jako opakování látky, zpestření a odlehčení hodin se však osvědčil.



Elektrický obvod si můžeme představit jako trpasličí důl. Kladný a záporný pól zdroje jsou jeskyně s trpaslicemi, případně trpaslíky. Trpaslice nesou kladné náboje, trpaslíci představují nosiče záporného náboje – elektrony; kdo by protestoval proti tomuto rozdělení, tomu sděluji, že bylo zvoleno čistě náhodně a bez postranních úmyslů – *a myslím to upřímně* ☺. Vodiči odpovídá důlní chodba, kterou se trpaslíci mohou přesunovat.

Trpaslíci se snaží dostat k trpaslicím a neutralizovat se s nimi. Trpaslice čekají na trpaslíky. Toto je skutečný směr proudu; Michael Faraday, flegmatický Angličan, měl za to, že je to naopak. Představoval si, že běhají trpaslice. Odborníci na život trpaslíků už vědí, že se mýlil, na naši teorii to ale nemá žádný vliv. Feministky a feministé tedy mohou přehodit znaménka, ono to taky bude fungovat.

Trpaslíci běží po skupinách. Kdybychom měli okénko do chodby, mohli bychom pozorovat **proud** trpaslíků – pohyb nosičů náboje vodičem. Čím **více trpaslíků** proběhne kolem okénka za jednotku času, tím **větší proud** trpaslíků pozorujeme. Jednoduchá představa, ne? *Proud je vyjádřením počtu nosičů náboje, které projdou daným místem ve vodiči za jednotku času.*

Zajímavější je to s druhou vlastností trpaslíků. Trpaslíci a trpaslice se (jak dobře vědí čtenáři fantasy) na pohled obvykle příliš neliší. Vousy, přilbice, sekyra, kožená suknice, kroužková košile. Proč se tedy trpaslíci tak pachtí za trpaslicemi? Zdání totiž klame. Představme si trpasličí krásku: přilba zdobená drahokamy a květinami, melír na vousech, kroužkové minišaty, bagančata na jehlovém podpatku, růžová sekyra od Gucciho. Trpaslík už při pouhém spatření trpaslice... už při *pomyšlení* na trpaslici pociťuje jakési napětí. Čím je **trpaslice odlišnější** od trpaslíka, tím je pociťováno **vyšší napětí**. Trpaslík je ochoten při cestě chodbou **vydat množství energie**, aby mohl projít až k ní. *Napětí odpovídá práci, kterou jednotkový náboj odevzdá při průchodu obvodem.*<sup>2</sup>

Samozřejmě ne každá důlní chodba je stejná. Některé umožňují běh skoro bez námahy, jiné kladou průchodu trpaslíků větší **odpor**. Trpaslíci se při běhu potí, jejich **energie se mění v teplo** tím více, čím obtížnější je cesta. Některá chodba je hladce vydlážděna, v jiné překáží bláto, kořinky a žížaly. *Odpor záleží na materiálu vodiče.*

Cesta za trpaslicemi může být dlouhá nebo krátká. Čím delší chodbou musí trpaslík proběhnout, tím více to stojí námahy. *Odpor vodiče je přímo úměrný délce vodiče.* Některá chodba je úzká, jiná široká. Širší chodbou se trpaslíkům běží lépe. *Odpor vodiče je nepřímo úměrný...* no schválně, čemu?

Mohl bych pokračovat, ale... ale dál už to, vážení kolegové, nechám na vás.



Článek přetiskujeme ze stránek Centrum talentů:

[http://black-hole.cz/cental/wp-content/uploads/2013/02/Trpasl%C3%ADci\\_2013-1.pdf](http://black-hole.cz/cental/wp-content/uploads/2013/02/Trpasl%C3%ADci_2013-1.pdf).

<sup>1</sup> Petr.Spina@seznam.cz

<sup>2</sup> Pozn. redakce: V článku je „definice“ napětí vázána na proud, přitom napětí existuje i bez proudu, stejně jako potenciální energie existuje bez práce.

## Všimli jste si?

Milan Rojko<sup>1</sup>, Gymnázium Jana Nerudy Praha

Ve *Sbírce úloh z fyziky pro ZŠ 2. díl* nakladatelství Prometheus jsou v kapitole *Mechanické vlastnosti plynů* uvedeny tyto příklady:

223. Jakou tlakovou silou působí atmosférický vzduch na stolní desku o obsahu  $1 \text{ m}^2$ , je-li atmosférický tlak  $920 \text{ hPa}$ ? (uveden výsledek  $92 \text{ kN}$ )
224. Povrch Země je asi  $510 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ . Jakou tlakovou silou působí atmosférický vzduch na povrch Země při průměrném tlaku  $1000 \text{ hPa}$ ? (uveden výsledek  $510 \cdot 10^{14} \text{ kN}$ )
226. Obsah vodorovné desky stolu je  $0,80 \text{ m}^2$ . Atmosférický tlak v okolí desky je  $1200 \text{ hPa}$ . Jak velkou tlakovou silou působí vzduch na desku stolu? (uveden výsledek  $96 \text{ kN}$ )
232. Změř aneroidem atmosférický tlak v hektopascálech. Urči velikost tlakové síly, kterou působí vzduch na plochu tvého sešitu. (výsledek neuveden)
233. Aneroidem byl změřen atmosférický tlak  $1020 \text{ hPa}$ . Urči velikost tlakové síly atmosférického vzduchu působící na povrch lidského těla o obsahu  $1,4 \text{ m}^2$ . (uveden výsledek  $143 \text{ kN}$ )

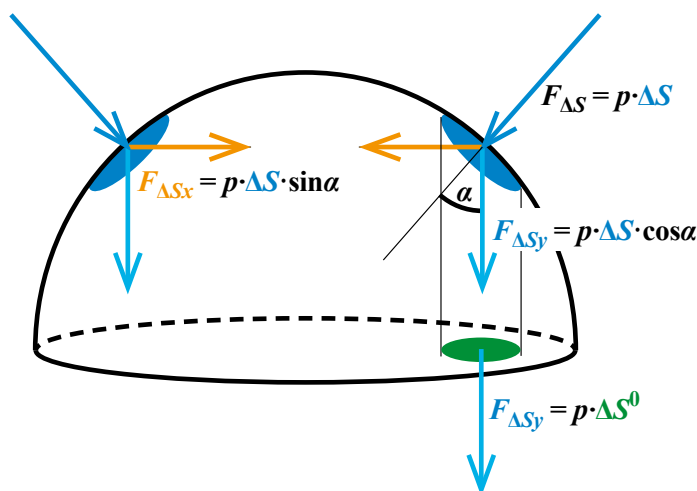
Ve všech uvedených úlohách se zapomíná na to, že tlaková síla je vektorová veličina a „správné“ výsledky jsou počítány prostým sčítáním velikostí vektorů sil, které působí na jednotlivé části uváděných povrchů. U příkladů 223, 226 by situaci zachránilo, kdyby v textu byla uvedena část povrchu stolní desky, resp. kdyby u příkladu 232 bylo specifikováno, o kterou z ploch sešitu má jít.

Příklady 233 a 224 jsou ale zcela zavádějící a uváděné výsledky nemají smysl. V úloze 233 obsah povrchu lidského těla o výsledné tlakové síle nic nevypovídá, rozhodující je objem těla. Vektorový součet tlakových sil na povrch těla je vztlaková síla, jejíž velikost popisuje Archimédův zákon. Při uvedeném tlaku je hustota vzduchu přibližně  $\rho_{\text{VZDUCH}} \approx 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  a při průměrné hustotě lidského těla ( $\rho_{\text{TĚLO}} \approx 980 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) vychází pro stokilového chlapíka objem  $V \approx 0,10 \text{ m}^3$  a výsledná tlaková (vztlaková) síla zhruba  $1,3 \text{ N}$ , tedy méně než stotisícina uváděného „správného“ výsledku.

V úloze 224, předpokládáme-li kulový tvar Země a stejný tlak vzduchu ve všech místech, je výsledná síla samozřejmě nulová. Zajímavou by se ale úloha stala, kdyby otázka například zněla: Jak velkou silou působí tlak vzduchu na severní polokouli Země?

Ani zde bychom samozřejmě nedostali správný výsledek prostým násobením obsahu povrchu ( $S = \frac{510 \cdot 10^{12}}{2} \text{ m}^2$ ) a uvedeného tlaku ( $p = 10^5 \text{ Pa}$ ). Lze ale snadno provést vektorový součet tlakových sil.

Obrázek ukazuje způsob řešení bez použití vyšší matematiky. Na povrchu polokoule vymežíme malý element plochy  $\Delta S$ , který můžeme považovat za rovinný. Síla, kterou na něj vzduch kolmo tlačí, má velikost  $F_{\Delta S} = p \cdot \Delta S$ . Rozložíme tuto sílu na složku  $F_{\Delta Sx}$  a  $F_{\Delta Sy}$ , jak ukazuje obrázek. Je zřejmé, že se složky  $F_{\Delta Sx}$  od protějších plošných elementů vzájemně ruší. Součet složek elementárních tlakových sil  $F_{\Delta Sy} = p \cdot \Delta S^0$  mířících kolmo k rovině rovníku můžeme ale snadno určit (pro celou polokouli), neboť tlak považujeme za konstantní a součet ploch  $\Delta S^0$  pokryje podstavu polokoule.



<sup>1</sup> milan.rojko@atlas.cz

Pro výslednou tlakovou sílu, mířící samozřejmě kolmo k podstavě, dostáváme tak  $F = p \cdot \pi \cdot r^2$ , tj. pro hodnoty zadané v úloze  $F = 10^5 \text{ Pa} \cdot \frac{5,1 \cdot 10^{14} \text{ m}^2}{4} = 1,3 \cdot 10^{19} \text{ N}$ .

Připojuji dvě přínosné poznámky od recenzentů:

1. *Zadání příkladů trpí ještě jedním nedostatkem: Papír i případně dřevo ve stolní desce obsahuje vzduch s atmosférickým tlakem, proto ani zadání s tlakovou silou působící na vrchní desku sešitu nebude zcela v pořádku. Dále mne napadl ještě jeden příklad, který ukazuje nesmyslnost zadání. Kvalitní mycí houba má obrovský plošný obsah. „Tlaková síla“ ve smyslu zadání uvedených příkladů by dosahovala teranewtonů, přesto je houba deformována jen nepatrně, a to prakticky jen tíhovou silou. Totéž platí i pro ostatní porézní hmoty – pěnový polystyrén apod. Zadání uvedených příkladů by se mohlo přiblížit realitě, kdyby sešit, případně deska stolu ležely na otvoru, pod kterým by bylo vakuum.*

2. *Vše uvedené o účinku výslednice tlakových sil platí za předpokladu, že tělesa jsou dokonale tuhá a nestlačitelná. Pokud by těleso bylo deformovatelné a uvnitř něj by byl menší tlak než vně (např. PET lahev, ponorka), projeví se deformační účinky tlakových sil na povrch tělesa, i když vektorový součet všech tlakových sil bude nulový, resp. rovný malé vztlakové síle.*

## A ještě odjinud...

Časopis pro zájemce o techniku, přírodovědu a příbuzné obory „21. století“ v odpovědi na dotaz čtenářky ukázal, že jeho redaktor je ve srovnání s názvem časopisu ve fyzice trochu pozadu.



### Jaká by měla být správná odpověď?

Milá Petro, tvoje otázka „Vážila bych stejně na každém místě Země?“ může mít dva významy.

První, že se ptáš na to, jestli bys měla na každém místě Země stejně kilogramů, přesněji bychom řekli stejnou **hmotnost**. Tak zřejmě otázku pochopil i pan redaktor. Bohužel ale na ni odpověděl špatně. Předmět nebo osoba, která na severním pólu váží 30 kg, by měla na rovníku hmotnost opět 30 kg. Dokonce i na Měsíci nebo ve stavu beztlíže v družici by hmotnost byla stále 30 kg. (Do teorie relativity raději s problémem nebudeme vstupovat.)

Druhý význam dotazu je možné najít v tom, že se slovem „vážila“ Petra ptá na sílu, která působí na její tělo na zemském povrchu. Dnes místo váha říkáme **tíhová síla**. Ta se ovšem neudává v kilogramech, ale v newtonech. Tíhová síla na rozdíl od hmotnosti závisí na tom, na kterém místě Země ji určujeme, a je opravdu největší na pólech. Není to ale způsobeno jen tím, že je naše matička Země v pase trochu při těle, ale svým dílem k tomu přispívá její otáčení kolem osy. Ve srovnání se Zemí je tíhová síla na Měsíci 6krát menší a v družici, která je na oběžné dráze, je dokonce nulová.

Pro zmíněnou dvojznačnost se proto raději slovu „váha“ ve fyzice vyhýbáme.



## Mezipředmětové výukové téma „Barvy kolem nás“ III.

Václav Kohout<sup>1</sup>, Nakladatelství Fraus, s. r. o., Plzeň

V minulých číslech časopisu školská fyzika jste měli možnost si přečíst třídílnou sérii článků Historie a elementární základy teorie barev. Na tuto sérii navazují další tři díly popisující mezipředmětové výukové téma „Barvy kolem nás“, které na základě přehledu nauky o barvách vzniklo. Problematika barev je na rozhraní fyziky, informatiky a výpočetní techniky, přírodopisu, výtvarné výchovy a případně i dalších vyučovacích předmětů, proto je těžké ji zařadit do některého ze standardních vyučovacích předmětů. Jako nejlepší volba se ukazuje mezi předmětové výukové téma s prezentací v podobě samostatného tematického dne.

### SW podoba výukového tématu<sup>2</sup>

Předkládané mezipředmětové výukové téma „Barvy kolem nás“ vzniklo primárně v podobě **multimediální výukové lekce** určené pro prezentaci prostřednictvím **interaktivní dotykové tabule**. Výuková lekce byla zpracována pomocí autorského nástroje **Flexibook Composer** z dílny Nakladatelství Fraus. Lekce v podobě klasické interaktivní učebnice byla následně transformována do podoby prezentace pro **MS PowerPoint** a do podoby série statických **PDF dokumentů** opatřených sadou samostatných multimediálních souborů. V tomto článku však bude prezentována pouze základní výchozí podoba multimediální lekce vytvořená pomocí nástroje Flexibook Composer.

### Zařazení tématu do výuky a jeho obsah<sup>2</sup>

Mezipředmětové výukové téma „Barvy kolem nás“ může být do výuky zařazeno v principu dvojím způsobem. Buď je možné vkládat dílčí informace obsažené v připravené multimediální lekci postupně **v průběhu běžných hodin fyziky a informatiky a výpočetní techniky** (na závěr se samostatnou prací v hodině výtvarné výchovy), nebo je možné připravit **ucelený tematický či projektový den** věnovaný problematice barev. Výukové téma „Barvy kolem nás“ je optimální zařadit do výuky **ve druhém pololetí 7. ročníku základní školy**. Při tomto doporučení vycházíme z běžného řazení učiva fyziky a informatiky a výpočetní techniky na základních školách.

Celá multimediální výuková lekce „Barvy kolem nás“ se skládá ze šesti následujících kapitol:

- Barva světla a rozklad světla hranolem
- Barva předmětů, co je to barva?
- RGB znamená red – green – blue
- Jsou i jiná čísla než jen RGB, třeba CMYK
- **Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK**
- **Zelenou dostanu, když smíchám modrou a žlutou...**

Předmětem prezentace v tomto dílu jsou poslední dvě označené kapitoly, tj. tři strany výukové lekce.

Každá z kapitol (s výjimkou poslední jednostranové) je zpracována do podoby dvoustrany multimediální interaktivní učebnice, která kombinuje text a obrázky jako každý standardní učební text s přidávanými multimediálními materiály. Tyto materiály jsou skryty pod tlačítka umístěnými v rámci stránek a jsou popsány na konci článku. Ke každé kapitole jsou navrženy i doplňující frontální i zářkové experimenty, také jejich popis je uveden na konci článku.

Celou lekci „Barvy kolem nás“ ve formátu i-učebnice Fraus je možno si stáhnout z webu Školské fyziky zde: [http://sf.zcu.cz/data/2013/sf2013\\_03\\_5\\_FlexiBook\\_Barvy-kolem-nas.zip](http://sf.zcu.cz/data/2013/sf2013_03_5_FlexiBook_Barvy-kolem-nas.zip). Pro zmenšení velikosti lekce a usnadnění stažení byla vnořená videa umístěna na server YouTube. Pro otevření lekce je potřebný FlexiBook Reader, jehož instalace je ke stažení zde: [http://files.flexilearn.cz/SW\\_Flexi\\_Book\\_Reader\\_2\\_4.exe](http://files.flexilearn.cz/SW_Flexi_Book_Reader_2_4.exe). Pro spuštění lekce použijte ve vstupním dialogovém okně aplikace volbu „Přihlásit se k multilicenci“.

<sup>1</sup> kohout@fraus.cz

<sup>2</sup> První dva odstavce jsou stručným souhrnem nejdůležitějších poznatků úvodní části prvního dílu článku. Jejich cílem je připomenutí obecných východisek článku bez nutnosti se k prvnímu dílu článku vracet.



## ZÁPIS BARVY V POČÍTAČOVÉ APLIKACI

## Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK

Vyfotili jsme si digitálním fotoaparátem pěknou přírodní scénérii se zelenou trávou a modrou oblohou. Na displeji fotoaparátu vypadá záběr barevně moc hezky. Snímek jsme stáhli do levného starého notebooku, který s sebou občas taháme na výlety, a barvy jsou pryč, zelená je do hněda, obloha také nic moc. Po zobrazení snímku na kvalitním monitoru domácího počítače jsou naštěstí barvy opět v pořádku. Soubor se snímek nebyl po celou dobu nijak upravovaný, čísla RGB zůstala stále stejná a barvy byly pokaždé jiné. Jak je to možné?

Je třeba si uvědomit, že různá zařízení mohou zobrazovat barvy v různé kvalitě.



kvalitní fotoaparát



obyčejný notebook



profesionální monitor



Je zřejmé, že ani tři přesná čísla RGB nám nedávají o výsledné barvě jednoznačnou představu, závisí na tom, na jakém zařízení se zobrazí. Říkáme, že **RGB je závislé na zařízení**.



Na displej obyčejného notebooku jsou dva základní požadavky – aby byl co nejlevnější a aby vůbec nějaké barvy zobrazoval.



Profesionální monitor výtvarníka nebo fotografa je vyrobený lepší technologií, tři základní barvy červená, zelená a modrá jsou jasné a zářivé. Proto jsou i barvy, které vzniknou jejich smícháním, velice dobře zobrazené. U takového monitoru je kvalitní zobrazování barev základním předpokladem.

Podobné je to i s barvami CMY. Výsledný odstín bude záviset na kvalitě jednotlivých inkoustů, azurového, purpurového a žlutého. Barvy v reprezentativním časopise na kvalitním papíře budou vypadat jinak, než barvy v obyčejných novinách na zašedlém recyklovaném papíře.



## ZÁPIS BARVY V POČÍTAČOVÉ APLIKACI

Tento problém nedával spát vědcům, kteří se popisem barev zabývají. Definovali různé zápisy barev, které sice nejsou tak názorné, jako RGB nebo CMY, ale mají tu výhodu, že nezávisí na konkrétním způsobu zobrazení.

Jedním z nich je zápis  $xyY$ , kde hodnoty  $x$  a  $y$  společně udávají barevný odstín a sytost dané barvy a  $Y$  popisuje její jas. Je ale těžké si představit pod trojici čísel  $x$ ,  $y$  a  $Y$  konkrétní barvu.

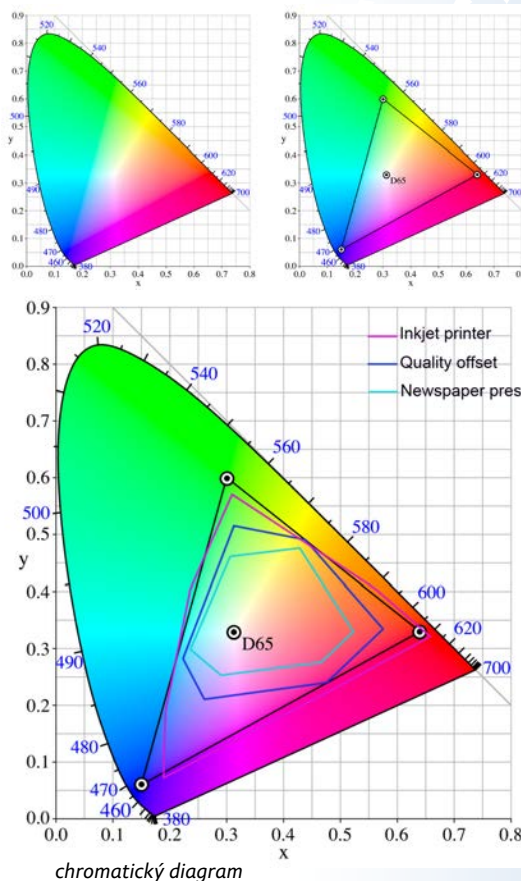
Často se proto používá zobrazení hodnot  $x$  a  $y$ , které se nazývá **chromatický diagram** (chroma = řecky barva).

Tento diagram je zajímavý tím, že v něm můžeme znázornit všechny barvy, které dokáže vnímat lidské oko. Ať to jsou barvy displeje laciného notebooku, barvy profesionálního monitoru, barvy novinového tisku, barvy nejvyšší kvality tiskovin, čisté spektrální barvy duhy a spousta dalších.

Podívejte se na obrázek chromatického diagramu a uvidíte, že ani nejvyšší monitory zdaleka nezobrazí všechny viditelné barvy, natož abychom mohli vytisknout skutečné barvy duhy.

**Při zkoumání přiloženého diagramu nezapomeňte na to, že i tento obrázek byl vytištěn na papír případně zobrazený na monitoru počítače nebo promítnutý dataprojektorem, a proto jsou barvy zkreslené a vždy zkreslené budou.**

Na následujících obrázcích vidíte různé světelné zdroje a různá zařízení, která pracují s barvami. Zkuste o nich něco říct a ukázat, která část chromatického diagramu s nimi souvisí...





## SAMOSTATNÁ VÝTVARNÁ PRÁCE

## Zelenou dostanu, když smíchám modrou a žlutou...

Tuto větu patrně většina z Vás v nějaké podobě už slyšela. Je to taková základní malířská poučka a při malování vodovkami jste si mnohokrát vyzkoušeli, že funguje. Není to trochu divné? Modrou barvu mám v RGB, žlutou barvu mám mezi barvami CMY, jak smíchám modré světlo a žlutý inkoust?

V tomto případě jde pouze o nepřesné nebo ještě lépe nejednoznačné názvosloví. Pojem modrá barva se v běžném životě používá pro mnoho odstínů od modrofialové až po zelenomodrou.

I v malířství máme modrých barev spoustu. Namátkou vybíráme z jednoho katalogu olejových barev pro malíře – pruská modř, orientální modř tmavá, francouzský ultramarín tmavý, francouzský ultramarín světlý, kobaltová modř sytá, kobaltová modř pravá, základní phthalocyaninová modrá, královská modrá, blankytně modrá sytá, blankytně modrá pravá, zářivě modrá, tyrkysová modrá.

Modrou z nadpisu kapitoly rozumí malíř odstín modré, který my označujeme jako azurovou. Pak je vše jasné a v pořádku. Z obrázku míchání barev CMY je zřejmé, že smícháním azurového a žlutého inkoustu opravdu vznikne zelená barva. Když malíři nebo tiskaři hovoří o základních barvách modré, červené a žluté, mají na mysli barvy, které my označujeme názvy azurová, purpurová a žlutá.

Series Code	Colour	Series Code	Colour	Series Code	Colour
4 347	Lemon Yellow	3 545	Quinacridone Magenta	2 294	Green Gold
3 025	Bismuth Yellow	3 489	Permanent Magenta	1 422	Naples Yellow
4 086	Cadmium Lemon	4 192	Cobalt Violet	1 425	Naples Yellow Deep
1 722	Winsor Lemon	3 491	Permanent Mauve	1 745	Yellow Ochre Light
1 730	Winsor Yellow*	2 672	Ultramarine Violet	1 744	Yellow Ochre**
2 345	Lemon Yellow Deep	1 733	Winsor Violet (Dioxazine)*	1 552	Raw Sienna*
4 016	Aureolin	3 321	Indanthrene Blue	2 285	Gold Ochre
1 653	Transparent Yellow	4 180	Cobalt Blue Deep	3 547	Quinacridone Gold**
4 118	Cadmium Yellow Pale	2 263	French Ultramarine*	1 059	Brown Ochre
3 640	Turners Yellow	2 667	Ultramarine (Green Shade)	1 381	Magnesium Brown
1 267	New Gamboge**	4 178	Cobalt Blue*	1 074	Burnt Sienna*
4 108	Cadmium Yellow*	1 709	Winsor Blue (Red Shade)**	1 362	Light Red
1 731	Winsor Yellow Deep	1 010	Antwerp Blue**	1 678	Venetian Red
1 319	Indian Yellow	1 538	Prussian Blue*	1 317	Indian Red
4 111	Cadmium Yellow Deep	1 707	Winsor Blue (Green Shade)**	1 056	Brown Madder**
4 089	Cadmium Orange*	3 140	Cerulean Blue (Red Shade)	2 537	Potters Pink
1 724	Winsor Orange	3 137	Cerulean Blue**	2 507	Perylene Maroon
1 723	Winsor Orange Red Shade	3 379	Manganese Blue Hue	2 479	Perylene Violet
4 106	Cadmium Scarlet	2 526	Phthalo Turquoise	2 125	Caput Mortui Violet
2 603	Scarlet Lake	4 191	Cobalt Turquoise Light	1 554	Raw Umber**
2 094	Cadmium Red*	4 190	Cobalt Turquoise	1 076	Burnt Umber**
1 091	Cadmium Red Deep	4 194	Cobalt Green	1 676	Vandyke Brown
1 726	Winsor Red**	1 719	Winsor Green (Blue Shade)**	1 609	Sepia*
4 576	Rose Dore	3 692	Viridian**	1 322	Indigo
3 548	Quinacridone Red	1 721	Winsor Green (Yellow Shade)	1 465	Payne's Gray**
1 725	Winsor Red Deep	1 637	Terre Verte	1 430	Neutral Tint
3 466	Permanent Alizarin Crimson**	2 460	Perylene Green	1 337	Lamp Black
1 004	Alizarin Crimson**	3 459	Oxide of Chromium	1 331	Ivory Black
3 479	Permanent Carmine	1 311	Hooker's Green**	1 386	Mars Black
3 502	Permanent Rose**	1 503	Permanent Sap Green**	1 217	Davy's Gray
4 587	Rose Madder Genuine**	1 447	Olive Green*	1 150	Chinese White
2 448	Opera Rose**	1 638	Terre Verte (Yellow Shade)	1 644	Titanium White (Opaque)



Zkuste pomoci těchto tří základních barev a jejich míchání namalovat nějaký pěkný obrázek. Povolíme Vám ještě čtvrtou barvu – černou. Podaří se Vám to?



## Přehled rozšiřujících materiálů



Jednotlivé **multimediální** a další **materiály** jsou zde uváděny v pořadí, v jakém se vyskytují na stránkách lekce ve směru shora dolů, případně zleva doprava. Materiály jsou uvozeny **ikonou v podobě tlačítka** charakterizujícího typ materiálu. Význam použitých ikon je zřejmý z kontextu, případně byl vysvětlen v první části článku.

## Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK

### Rozšiřující materiály, 1. strana

Na uvedené straně nejsou žádné rozšiřující multimediální materiály.

### Rozšiřující materiály, 2. strana

 textová poznámka: Oblast chromatického diagramu zahrnující barvy, které umí nějaké zařízení (monitor, videokamera, tiskárna, ...) zobrazit, se nazývá gamut neboli barevný rozsah tohoto zařízení. Jedná se o ty trojúhelníkové nebo mnohoúhelníkové oblasti na sousedním obrázku. Gamutem lidského oka je celá „podkova“ chromatického diagramu. Výslovnost: gamut [gemit], ale již také po česku [gamut]  video: chromatický diagram, jeho základní vlastnosti a využití

### Doporučené experimenty

- experiment frontální i žakovský – **Porovnání kvality barev různých druhů zobrazovacích zařízení**; pomůcky: více druhů monitorů – starý CRT, kvalitní LCD (PVA, IPS) apod., obyčejné LCD netbooku, dataprojektor – pro demonstraci závislosti barvového prostoru RGB na zařízení

## Zelenou dostanu, když smíchám modrou a žlutou

### Rozšiřující materiály, 1. strana

Na uvedené straně nejsou žádné rozšiřující multimediální materiály.

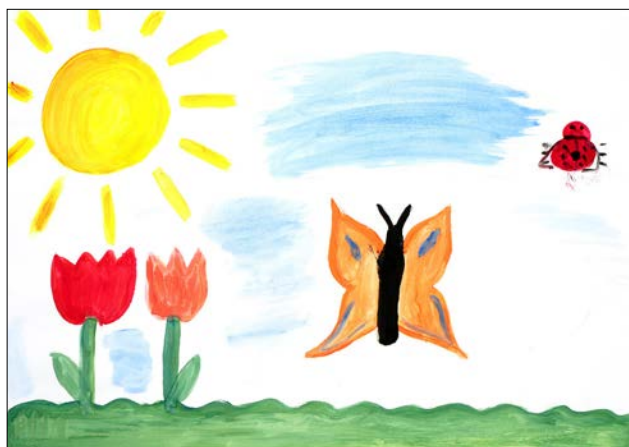
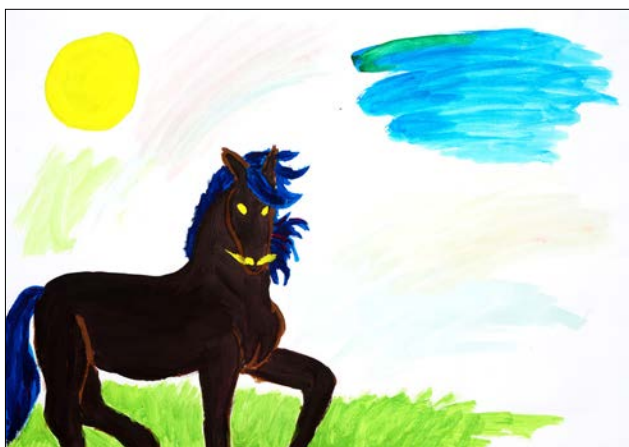
### Doporučené experimenty

- experiment žakovský – **Malba čtyřmi základními barvami, samostatná práce**; pomůcky: kreslicí čtvrtky, tempery 4 základních barev – zhruba CMYK – azurová = kobalt imitace, purpurová = alizarin, žlutá = žlutý citrónová, černá kostní, běžné potřeby na malování (pozn. – barvy se míchají malířským způsobem na paletě)



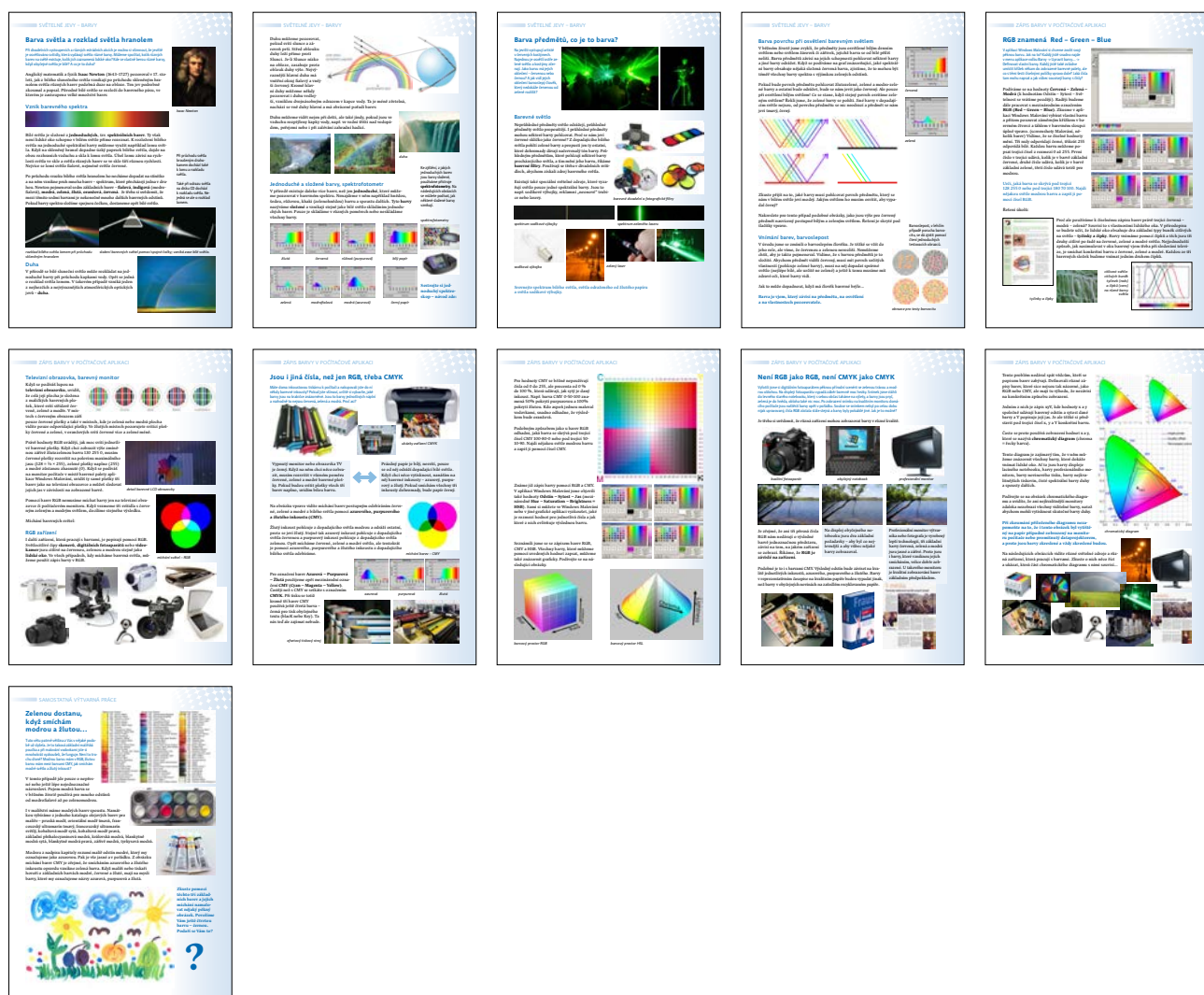
Obr. 1, 2 – průběh samostatné práce žáků z výtvarné výchovy





Obr. 3, 4 – výsledky samostatné práce žáků z výtvarné výchovy

Aktuální článek je poslední částí série popisující mezipředmětové výukové téma „Barvy kolem nás“. Pro lepší orientaci v této sérii článků a v multimediální výukové lekci samotné uvádíme ještě jednou miniatury všech jedenácti stránek lekce.





## Současné displeje

Josef Hubeňák<sup>1</sup>, Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové

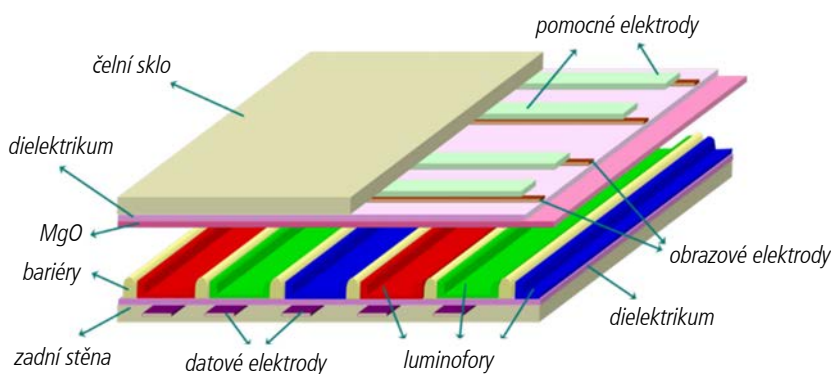
Displeje v televizní a výpočetní technice se stále zdokonalují a využívají různé fyzikální jevy. Vakuová obrazovka CRT (Cathode Ray Tube) se již nepoužívá a její místo obsadily displeje s kapalnými krystaly LCD (Liquid Crystal Display) a displeje plazmové PDP (Plasma Display Panel). Na mobilech a také v TV přijímačích se objevují displeje OLED (Organic Light-Emitting Diode) a novinkou jsou displeje EWD (ElectroWetting Display), využívající elektrokapilární jevy. Článek nabízí informace o fyzikálních principech dnešních displejů.

Informace v podobě obrazu jsou samozřejmou součástí každého dne. Na vakuovou obrazovku již zapomínáme, i když sloužila v televizní technice od 30. let minulého století do nedávné minulosti. Jednu z posledních továren na výrobu barevných vakuových obrazovek postavil koncern Philips v Hranicích na Moravě. Výroba zanikla v roce 2007 a vyprázdněné haly slouží jiným účelům. Barevný obraz vytvářejí dnes displeje využívající jiné fyzikální jevy. Obrazovky s úhlopříčkou 100 cm a větší mohou být *plazmové*. Obrazovky obvyklých rozměrů jsou převážně z *kapalných krystalů* (LCD) a třetím typem jsou displeje smartphonů a TV obrazovky z *organických LED*. Novinkou zobrazovací techniky jsou *displeje EWD*, využívající elektrokapilární jev. (Zkratka *EWD* značí ElectroWetting Display.)

### Plazmové displeje

V zobrazovací technice mají své místo plasmové displeje (PDP – Plasma Display Panel). První komerční výrobky byly k dispozici v 90. letech minulého století. Zprvu byly určeny pro velkoplošné zobrazovače, ale technologie je již natolik zvládnuta, že jsou v prodeji plazmové televize s úhlopříčkou kolem 100 centimetrů. Vývoj šel od velkoplošných panelů k přístrojům vhodným do bytu.

Plazmový displej používá výboje v plynu za sníženého tlaku (přibližně 60 až 70 kPa). Mezi přední skleněnou deskou displeje a zadní stěnou jsou umístěny jednotlivé obrazové buňky. Za skleněnou deskou je průhledná vrstva dielektrika, pak následují obrazová a pomocná elektroda. Pod nimi je vrstva oxidu hořečnatého MgO. Ta je průhledná a dostatečně vodivá, aby umožnila výboj a uzavírá prostor obrazové buňky, plněné argonem. Obrazové buňky jsou „vystlány“ luminoforem, který mění ultrafialové světlo výboje v argonu na barevné složky RGB (červené, zelené a modré světlo). Trojice takových buněk tvoří jeden pixel. Buňky spočívají na další skleněné desce a zespodu jsou vedeny datové vodiče – pro každou buňku jeden. Datové vodiče jsou kolmé k vodičům obrazovým a pomocným.



Obr. 1 – složení plazmového panelu - jeden pixel RGB (převzato z [1])

### Pracovní cyklus

Elektrody jsou napájeny střídavým napětím. Mezi obrazovou a pomocnou elektrodou je přivedeno napětí s amplitudou asi 200 V, které zajistí částečnou ionizaci argonu. Výboj ve vybrané buňce vzniká až po vložení napětí asi 50 V mezi datovou a obrazovou elektrodou. Po rekombinaci iontů vzniká UV záření, které luminofor převede

<sup>1</sup> josef.hubenak@uhk.cz



na viditelné světlo požadované barvy. Výboj je ukončen přivedením nižšího efektivního napětí mezi obrazovou a pomocnou elektrodou. Úroveň jasu se reguluje počtem tzv. podsímků, nikoliv amplitudou použitých napětí.

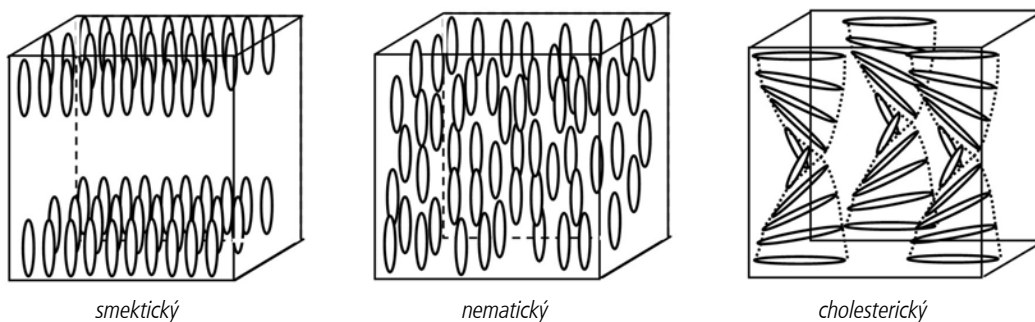
Plazmový displej má malou konstrukční hloubku, dobrou čistotu barev a velký pozorovací úhel. Současné plazmové TV mají příkony srovnatelné s LCD (méně než 100 W při úhlopříčce 100 cm). Velmi krátká doba odezvy dovoluje vytvářet několik set snímků za sekundu.

Špičkové plazmové displeje dodává firma Samsung. Televizor Samsung PN64H5000 má úhlopříčku 163 cm, rozlišení  $1920 \times 1080$  pixelů a jeho elektronika umožní vytvářet až 600 podsímků za sekundu.

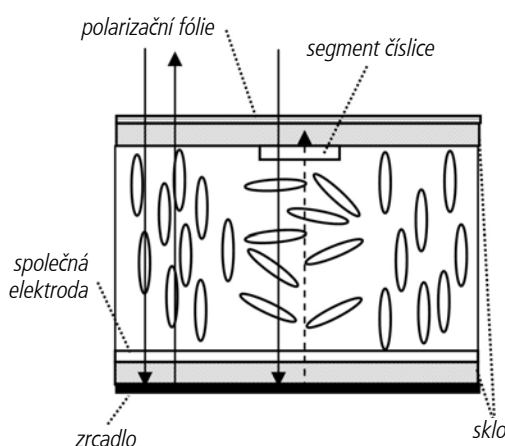
## Displeje z kapalných krystalů

Molekuly některých organických sloučenin se i v kapalném stavu uspořádají do pravidelné struktury, a pak je takový roztok sice homogenní, ale anizotropní. Taková kapalina se chová do jisté míry jako krystal a například světlo propouští podobně jako polarizační filtr nebo krystal turmalínu.

Je to způsobeno uspořádáním poměrně rozměrných podlouhlých molekul v kapalině. Je známo uspořádání smectické, nematické a cholesterické.



Obr. 2 – kapalně krystaly



Obr. 3 – struktura pasivního displeje s nematickou kapalinou

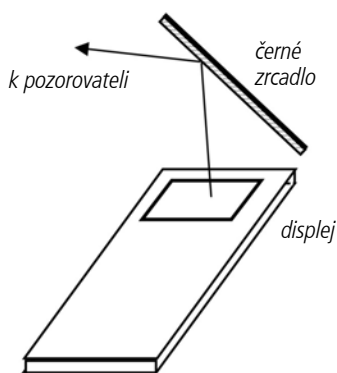
Ve struktuře smectické jsou molekuly orientovány rovnoběžně a uskládány v pravidelných vrstvách. Nematická struktura má rovnoběžné molekuly, ale vrstvy se částečně prolínají a nejsou pravidelné. Cholesterická struktura má vrstvy, v nichž se orientace pravidelně stáčí a molekuly tvoří jakoby zkroucené žebříčky. Displej z cholesterické kapaliny využívá polarizované světlo, které při vhodné orientaci polarizační roviny projde, v opačném případě je pohlceno.

Světlo se polarizuje při průchodu horní fólií, projde až k zrcadlu a odráží se. Orientované molekuly kapalného krystalu polarizaci nenaruší a světlo úspěšně vyjde ven. Tato plocha je světlá. Na průhlednou elektrodu segmentu a společnou spodní elektrodu přivedeme střídavé napětí. Elektrické pole naruší orientaci molekul, tím se dvakrát ruší polarizace světla a tato plocha je tmavá.

Vodivé průhledné elektrody jsou z oxidu cínatého  $\text{SnO}$ , vrstvička kapaliny mezi skly má tloušťku desetin milimetru. Zobrazovač nesmí zmrznout ani se přehřát. Tento typ displeje se používá například v kalkulatorech. Střídavé napětí na elektrodách má efektivní hodnotu 5 V a frekvenci 50 Hz. Proud je nepatrný – na jeden segment pouze  $0,1 \mu\text{A}$ . Chvilí ale trvá, než segment ztmavne a zase zjasní. Na ztmavnutí potřebuje 120 ms, na zjasnění 350 ms.

O tom, že číslice kalkulatoru s displejem z kapalných krystalů pozorujeme v polarizovaném světle, se přesvědčíme pomocí „černého zrcadla“. Kousek tabulového skla ( $10 \times 10 \text{ cm}$ ) na jedné straně přelepíme černou





Obr. 4 – polarizace

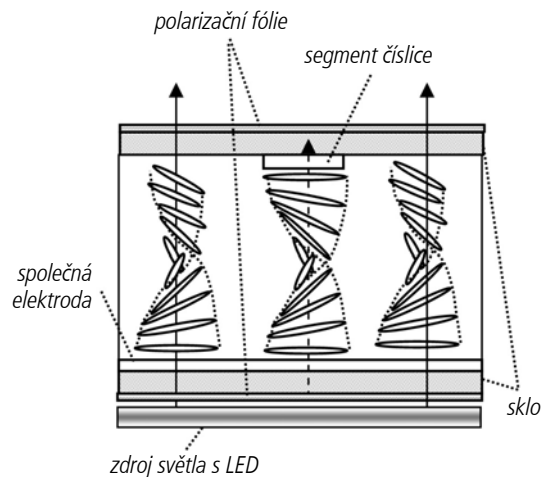
izolepou, nebo přelepíme černým papírem. Stačí také jednu stranu stříknout černým lakem na auto. Sledujme obraz displeje a otáčejme kalkulačkou na stole. Dvakrát během otočení o 360° obraz takřka zmizí a dvakrát je jasně viditelný. Při odrazu od skla se světlo také polarizuje, a pokud je již polarizováno, odráží se dobře jen tehdy, pokud polarizační roviny souhlasí.

Pasivní displeje z kapalných krystalů nemají vlastní zdroj světla a dnes je vytlačují displeje osvětlené zezadu pomocí LED.

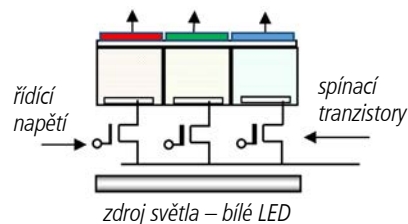
Na rozdíl od pasivních displejů jsou zde dvě polarizační fólie (polarizátor a analyzátor) a kapalný krystal má cholesterickou strukturu. Polarizační roviny polarizátoru a analyzátoru jsou zkřížené. Aby světlo prošlo, otáčí kapalný krystal polarizační rovinu světla o 90°. Napětí vložené na elektrody změní stočení „žebříčku“ molekul kapaliny a světlo neprojde.

Barevné LCD displeje jsou špičkovým oborem zobrazovací techniky a princip zůstává stejný jako u výše popsaného aktivního LCD displeje. Jeden obrazový bod (dále pixel) je tvořen třemi buňkami s nematickými kapalnými krystaly. Napětí ovládající každou buňku je spínáno tranzistory, které jsou vytvořeny na společné skleněné podložce a jejich rozměry jsou tak malé, že se skryjí do hran vaniček, oddělujících jednotlivé buňky.

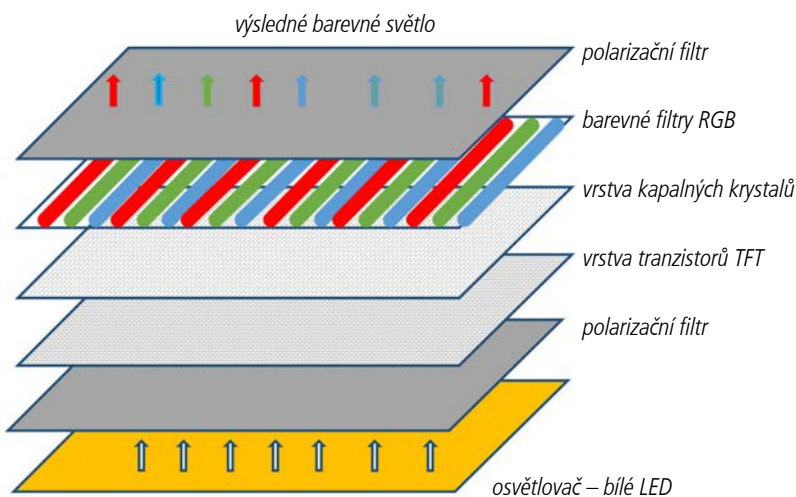
Současné displeje LCD mají jednotlivé buňky propouštějící bílé světlo a teprve vrstva barevných filtrů RGB rozhoduje o barvě.



Obr. 5 – aktivní LCD



Obr. 6 – pixel barevného LCD



Obr. 7 – schéma displeje z kapalných krystalů

Displej s minimálním rozlišením  $800 \times 600$  bodů má tedy celkem  $3 \times 800 \times 600 = 1,44$  milionů tranzistorů a právě tolik miniaturních barevných buněk. Každá je řízena tranzistorem TFT (Thin Film Transistor).



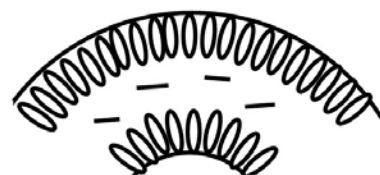
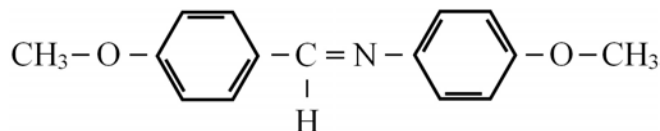


Televizní obraz s vysokým rozlišením je v plné kvalitě zobrazen na LCD obrazovkách jen tehdy, jestliže displej má stejné rozlišení. V současnosti se používají rozlišení:

Standard	rozlišení	poměr stran	počet pixelů
HDTV	$1920 \times 1080$	16 : 9	$2,1 \cdot 10^6$
4K UHD	$3840 \times 2160$	16 : 9	$8,3 \cdot 10^6$
8K UHD	$7680 \times 4320$	16 : 9	$33,2 \cdot 10^6$

Obraz na displeji se obnovuje například stokrát za sekundu. Jak dlouho smí trvat návrat molekul kapalného krystalu do původního stavu, aby se za pohybujícím objektem na displeji nevytvářely „barevné chvosty“, lze snadno spočítat, bez rezervy je to 10 milisekund. Má-li být i pohybující se objekt kreslen bez závad, musí být tzv. doba odezvy kratší – špičkové displeje mají dobu odezvy asi 6 ms. V jednotlivých buňkách těchto displejů nejsou cholesterické kapalně krystaly, ale krystaly nematické a ty jen mírně změni svou orientaci působením elektrického pole. To stačí, aby polarizované světlo změnilo svou intenzitu. Řídící elektrody nejsou nad a pod buňkou, nýbrž po stranách. Poslední novinkou jsou displeje s cholesterickou kapalinou a elektrodami v rovině – na dně pixelu. Označují se zkratkou IPS – In Plane Switching.

Kapaliny používané jako kapalně krystaly jsou složité organické látky. Smektickou strukturu vytváří molekuly mýdla při povrchu mýdlové bublinky. Při povrchu blány bubliny vně i uvnitř jsou molekuly mýdla ve vodě srovnány, jak ukazuje obrázek, a teprve uvnitř je roztok s neuspořádanými molekulami. Jako příklad nematika uvedme methylenbenzyliden p-n-butyl-anilin se vzorcem



Obr. 8 – smektická struktura v mýdlové bláně

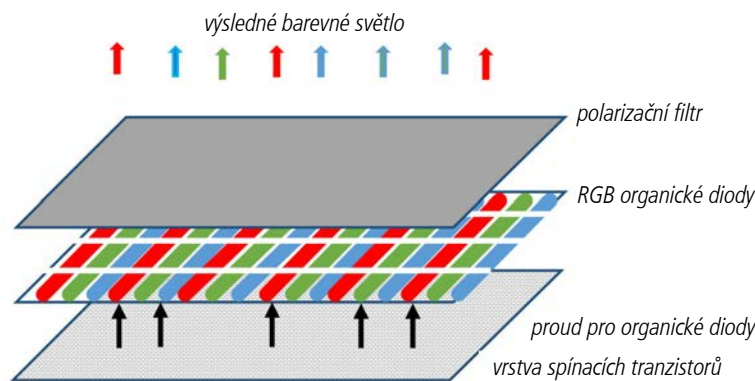
Cholesterické kapaliny jsou tvořeny složitějšími molekulami.

Podsvícení velkoplošných LCD panelů je řešeno bílými zářivkami. Pro TV a monitory jsou používány bílé LED, rozmístěné podél okrajů nebo v celé ploše displeje. Novým řešením je podsvícení každého pixelu čtveřicí barevných LED (červená, dvě zelené a modrá).

Fyzika a chemie LCD displeje jsou krásnou ukázkou aplikované vědy, ovšem jako spotřebitelé se budeme zajímat také o příkon, dobu spolehlivé funkce a další parametry. Kvalitní širokoúhlý LCD TV Samsung UE46F8000 s úhlopříčkou 116 cm má rozlišení  $1920 \times 1080$  pixelů, pozorovací úhel  $178^\circ$ , jas do  $293 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$  a kontrast 2930 : 1. Příkon je 94 W, v pohotovostním stavu 0,2 W.

## OLED displeje

Novinkou jsou displeje OLED, AMOLED a PMOLED. Zkratky znamenají Organic Light Emitting Diode, Active Matrix OLED a Passive Matrix OLED. Základem jsou svítící diody z organických polovodičů. Polymery – plasty považujeme za izolanty a teprve nedávno byly objeveny vodivé a polovodivé organické látky. V roce 2000 dostali Nobelovu cenu za chemii objevitelé vodivých polymerů – Hideki Shirakawa, Alan J. Heeger a Alan G. MacDiarmid. Jejich přínosem byl polyacetylen oxidovaný parami jódu a tato organická sloučenina vede elektrický proud podobně jako kovy – dochází k vedení pomocí volných elektronů. Z organických látek byly vytvořeny polovodiče děrové a elektronové, diody a tranzistory, fotočlánky i světlo emitující diody. Organické LED lze vytvářet v celé ploše displeje a spínat každou diodu pomocí vlastního tranzistoru – to je aktivní matice, nebo spojit všechny katody jednoho sloupce diod a všechny anody jednoho řádku diod a pak se rozsvítí dioda na křížení  $x$ -tého sloupce a  $y$ -tého řádku. To je tzv. pasivní matice. První komerční OLED TV displej pochází z roku 2007 (firma Sony), experimentální provedení je ještě o dva roky mladší (fa Samsung). Displeje s aktivní maticí (AMOLED) mají jednodušší strukturu než displeje LCD.



Obr. 9 – schéma OLED displeje (převzato z [2])

Zdrojem červeného, zeleného a modrého světla jsou diody LED, není třeba osvětlovač a zbytečné jsou i barevné filtry. Polarizační filtr omezuje vliv odrazů světla z okolí televizního přijímače. Displej má menší příkon a vyšší kontrast. Jas lze řídit napájecím napětím diod. Technologie umožňuje vyrábět ohebné displeje bez jakékoliv nosné skleněné vrstvy a velké obrazovky mohou být prohnuté do oblouku.

Tím, že je panel televizoru tvarován do oblouku, nemusí oko diváka akomodovat při pozorování kteréhokoli bodu obrazovky. LED jsou schopny zcela zhasnout – z toho vyplývá vyšší kontrast než u jiných displejů. Rozlišení je standardní Full HD, tj.  $1920 \times 1080$  pixelů. Rychlost reakce LED umožňuje snímkovou frekvenci až 50 kHz. Elektronika dopočítává mezipolohy pohybujících se objektů a k dvojrozměrnému obrazu (2D) také dotváří třetí rozměr. Dojem 3D zobrazení je řešen softwarově u pohybujících se objektů zpožděním obrazu pro jedno oko, u statických obrázků rozostřením pozadí. Prostorový vjem odpovídající stereoskopickému záznamu ze dvou objektivů nelze softwarově vytvořit a převod 2D na 3D jen využívá nedokonalosti zpracování obrazu v oku a v mozku.

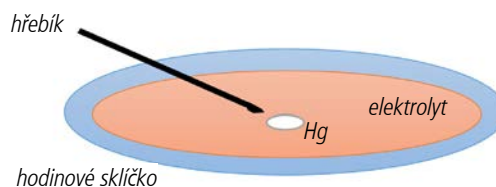


Obr. 10 – OLED TV LG 55EA980V (převzato z [3])

## Displeje EWD

Zadáme-li do Googlu heslo Rtuťové srdce, dostaneme celou řadu odkazů na experiment, prokazující existenci elektrokapilárních jevů. Rtuť je dnes pro práci žáků nepřijatelná, takže jim můžeme z internetu nabídnout video, nebo experiment provést s dodržением odpovídajících bezpečnostních opatření. Zde je návod.

Připravíme roztok 5 ml koncentrované kyseliny sírové a 100 ml vody. Roztok ochladíme a přidáme několik krystalků peroxodisíranu draselného (sodného). Nemáme-li jej, stačí nějaké jiné silné oxidační činidlo, např. manganistan draselný nebo dichroman draselný (0,5 g na 100 ml roztoku). V těchto případech však někdy trvá déle, než pokus uvedeme do chodu. Na hodinové sklíčko umístíme kapku rtuti o průměru asi 4 mm, přelijeme roztokem a dobře očištěným ocelovým drátem (stačí i tenký hřebík) se jí dotkneme. Dotyk musí být zcela lehký, nejlépe je drátek potom trochu oddálit. Nejprve kapka všelijak uhýbá a pohybuje se, při správném dotyku se však začne rychle smršťovat a natahovat pravidelnými rychlými pohyby, připomínajícími tepající srdce. Upevníme-li drát v této poloze, tepá „srdce“ delší dobu. Neprojevili se pohyb hned, přidáme do roztoku několik krystalků peroxodisíranu.



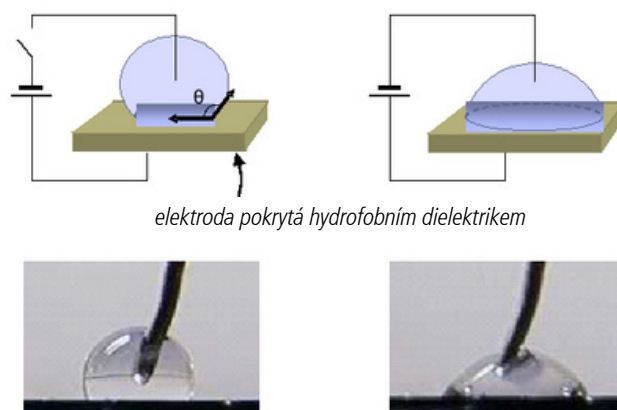
Obr. 11 – experiment rtuťové srdce



Fyzikální podstatu lze snadno vysvětlit: na povrchu kovů vzniká elektrická dvojvrstva a snižuje povrchové napětí. Kapka rtuti změní tvar a při doteku s ocelovým hřebíkem se vzniknuvší galvanický článek zkratuje. Povrchové napětí rtuti se opět zvětší, kapka se stáhne a děj se opakuje.

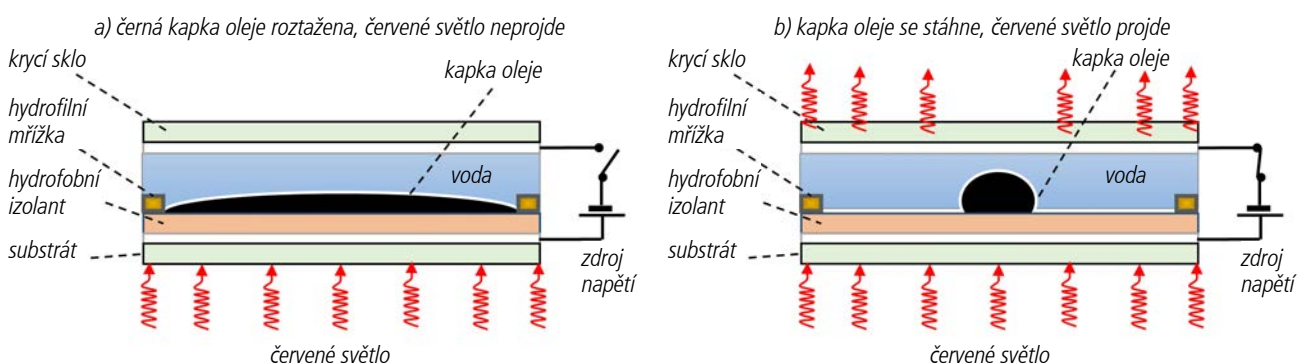
Změnu povrchového napětí vyvolá i přítomnost polarizačních nábojů. Kapku vody na teflonovém povrchu lze roztáhnout pomocí vložené elektrody a stejnosměrného napětí, viz obrázek vpravo.

Na tomto principu jsou založeny ElectroWetting Displays – elektrokapilární displeje, které jsou dosud ve stadiu vývoje. Schéma jednoho pixelu je na následujících obrázcích.



elektroda pokrytá hydrofobním dielektrikem

Obr. 12 – změna tvaru kapky (převzato z [4])



Obr. 13 – schéma pixelu EWD

Úplný barevný pixel je tvořen třemi buňkami se světly Red, Green a Blue. Další variantou je osvětlování bílým světlem a použití barevných filtrů RGB pod krycím sklem. Ukázka takového displeje je na obr. 14. Displeje EWD jsou patrně nejnovější technologií zobrazování a vývoj probíhá u holandské firmy Liquavista.

## Závěr

Současná zobrazovací technologie využívá řadu fyzikálních jevů. Obsah obrazové informace může být velmi pomíjivý, kdežto znalost fyzikálních jevů, které displej využívá, je cennou součástí fyzikálního vzdělání.



Obr. 14 – displej EWD (převzato z [5])

## Literatura a zdroje

- [1] <http://sanjaykram.blogspot.cz/2007/10/dielectric-emissive-coatings-in-high.html>
- [2] <http://amoledtv.com/technology/>
- [3] <http://www.alza.cz/55-lg-55ea980v-d515878.htm>
- [4] <http://loolab.chem.ucla.edu/research/proteomics.html>
- [5] <http://www.extremetech.com/computing/145253-electrowetting-displays-brighter-than-lcd-lower-power-and-daylight-readable>



## Počítačová podpora vyučování fyziky – využití tabulkových kalkulačtorů (Excel)

Pavel Masopust<sup>1</sup>, Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

Druhá část seriálu Počítačová podpora vyučování fyziky je věnována využití tabulkových kalkulačtorů (MS Excel, OpenOffice.org Calc, Quattro Pro, Lotus, ...).

Použití tabulkových kalkulačtorů se ve fyzice přímo nabízí. Často již také v mnoha oblastech fyziky a vyučování fyziky užívány jsou. Tabulkové procesory, někdy je používán pojem tabulkové kalkulačtory nebo tabulkové editory (dále TP), jsou používány při zpracování dat z různých měření. Neslouží pouze jako místo, kde udržíme data „pohromadě“, ale nabízejí též širokou paletu funkcí, jež ve zpracování dat využijeme. Nejde již jen o pouhé kreslení grafů a práci s nimi, TP nabízejí mnoho funkcí pro statistické vyhodnocování dat, umožňují aproximaci a interpolaci získaných hodnot a mnoho dalšího.

Výhoda použití TP ve výuce fyziky (obecně v jakékoli didaktické činnosti) tkví v obrovské rozšířenosti těchto programů. Je jen málo počítačů, na kterých není instalován nějaký kancelářský balík, ať je to již zmíněný MS Office a jeho MS Excel či Open Office a jeho OpenOffice.org Calc, ... Uživatelé (žáci i učitelé) většinou umí tento typ programů obsluhovat a osvojení několika nových, zde popsaných poznatků je jistě mnohem snazší, než zvládnutí komplexnějších matematických programů. Dovednosti získané prací v TP mohou být následně užity i mimo školu.

Počítačovým animacím z oblasti fyziky je často vytýkáno, že fyzikální problematika je skryta kdesi v pozadí a studenti nevidí samotnou fyziku, jež se za animovaným pohybem skrývá. Pokud je TP soubor připraven správně, může mít student se vzorci bezprostřední kontakt, se souborem si „pohrát“, zkusit změnit vzorce, počáteční podmínky i hodnoty, které jsou obvykle konstantami (tíhové zrychlení, rychlost světla, ...). To vše je samozřejmě didakticky velmi přínosné.

Zaměřím se zde spíše na to, jak využít TP specifickým, nikoli obecně známým způsobem. Konkrétně v této a další části také věnované TP popíši, jak je využít pro:

- numerické řešení fyzikálních úloh,
- vizualizaci nalezeného řešení,
- použití ovládacích prvků k ovlivnění parametrů úlohy,
- tvorbu jednoduchých animací, opět s ovlivnitelnými parametry.

Patrně nejrozšířenějším TP je MS Excel. Úlohy v této kapitole jsou proto řešeny právě za pomoci Excelu. Ostatní TP mají velmi podobné ovládání, výběr MS Excelu tak příliš neubere na obecnosti předkládaných řešení. Navíc lze přímo v Excelu ukládat soubory ve formátech, jimž budou ostatní TP „rozumět“ (např. ODF – Open Document Format).

### Použití TP k výpočtům a zobrazování grafů

Základní úlohou, kterou TP často řeší, je počítání výsledků různých vzorců a zobrazování grafů. Podrobnosti k ovládání TP viz literatura na konci článku. Zde jen stručně uvedu, jak používat TP k výpočtu hodnoty zadané funkce a k zobrazení grafu.

To, že po TP chceme výpočet vzorce a ne jen zobrazení textu vzorce, vyjádříme znaménkem = před zadaným vzorcem (u některých TP se místo = používá @). Ten pak může vypadat např. jako  $= 2 + 2$ . Odkaz na buňku třeba se zadanou konstantou je možný tak, že do buňky vložíme znaménko = a klikneme na buňku, na kterou chceme odkazovat. Do buňky se pak vloží např.  $= D11$ .

Tak například k zobrazení grafu  $\sin(x)$  budeme potřebovat vložit do jednoho sloupce měnící se hodnoty, které poslouží jako data pro osu  $x$ . Tuto posloupnost nemusíme vypisovat ručně jednu po druhé. Stačí napsat první dvě hodnoty, které se liší o požadovaný krok (změnu), pak je myší je označit a „natáhnout“ dolů k dosažení potřebného

<sup>1</sup> pmasop@kmt.zcu.cz



počtu řádek. Na dalším obrázku je místo k uchopení buňky pro doplnění hodnot označeno červeným kroužkem.

Do dalšího sloupce pak zapíšeme funkci, jejíž graf chceme vykreslit. Do buňky E3 bychom vložili například  $\text{=SIN}(D3)$ . Poznámka k funkci  $\sin$ : TP očekávají zadání v obloukové míře. Vzorec  $\text{=SIN}(90)$  tak nespočítá očekávaný výsledek 1, ale 0,893997. Vzorec je tak potřeba zapsat jako  $\text{=SIN}(\text{RADIANS}(90))$ , nebo převést ručně  $\text{=SIN}(90 \cdot \pi / 180)$ , kde funkce  $\text{PI}()$  vrací hodnotu  $\pi$  a není třeba ručně vkládat 3,14... Vzorec je pak možné již popsaným způsobem roztáhnout směrem dolů a nechat TP dopočítat hodnoty, viz vpravo.

Postup pro vložení grafu se může pro různé TP lišit, obecně lze říci, že stačí vybrat myší požadované hodnoty (u nás oblast D3 až E39) a z menu programu použít vložit graf, průvodec grafem apod. Funkce v podobě bodového grafu pak v MS Excel vypadá tak, jak je ukázáno na následující straně.

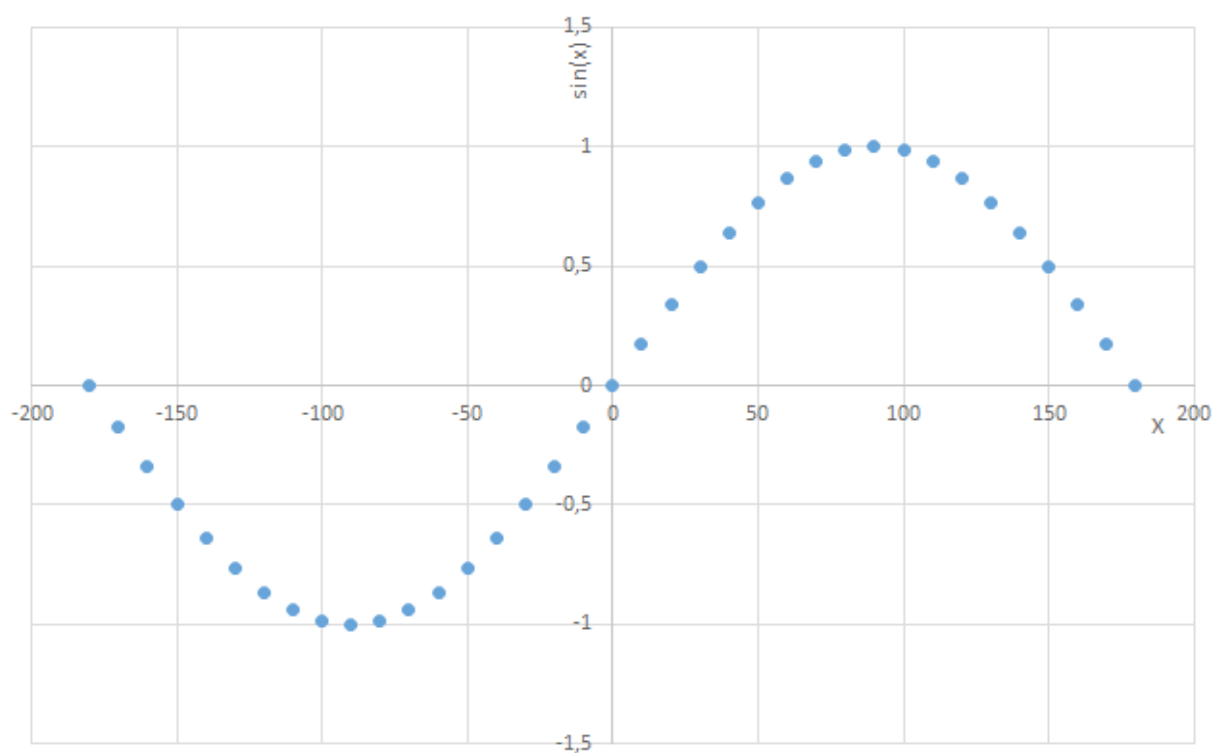
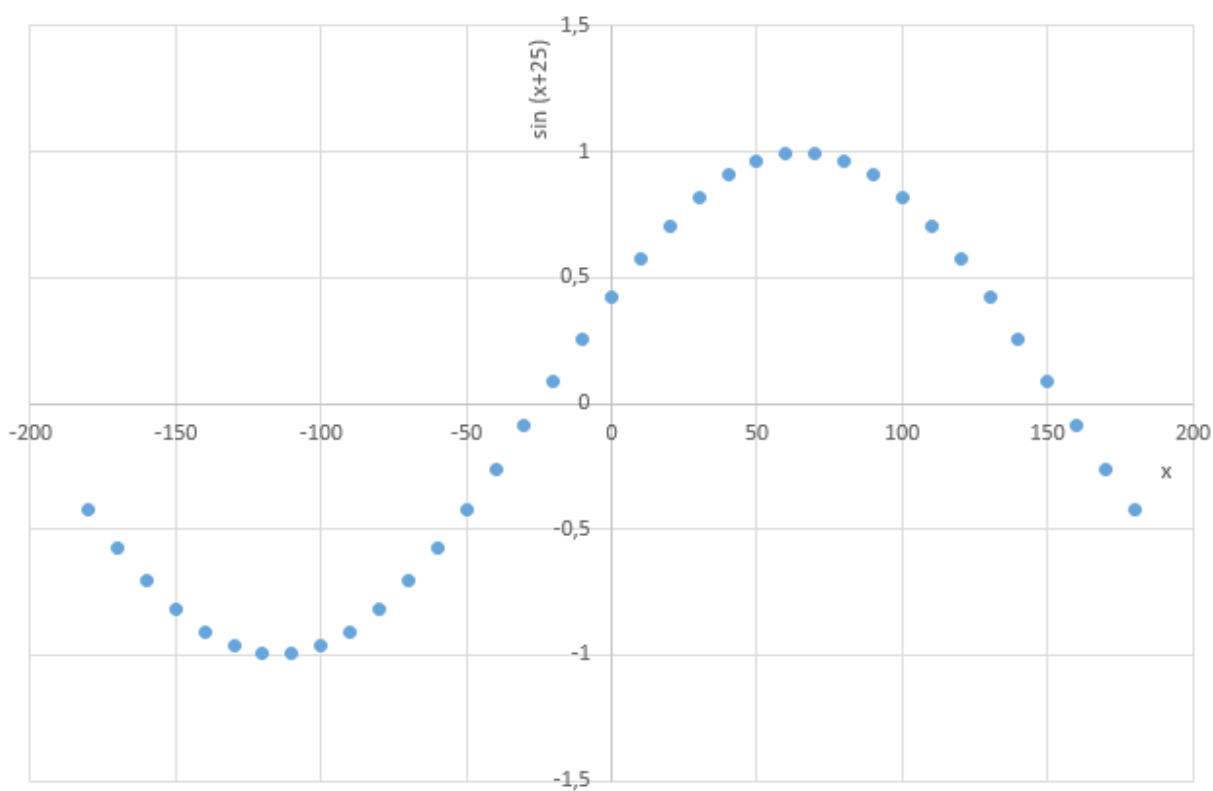
S již vykresleným grafem je možné „experimentovat“. Například při výkladu fázového posunutí u vlnění je snadné upravit funkci na  $\text{=SIN}((D3+25) \cdot \pi / 180)$  s výsledkem, který je vidět v druhém grafu.

Přímo tak lze ukázat, že fázové posunutí nemění „podobu“ grafu funkce (frekvenci, amplitudu), ale jen graf horizontálně posouvá. TP je tak ideálním nástrojem pro „studium“ průběhu funkcí. Během okamžiku je možné ukázat, jak ovlivňuje podobu grafu změna jednotlivých parametrů (pro nás amplitudy, frekvence, fáze, ...).

Pokud chceme ve vzorci použít hodnotu z buňky, která se nebude na jednotlivých řádcích výpočtu měnit (odkaz na konstantu apod.), nelze použít jednoduchý odkaz, jak byl popsán výše. Kdybychom použili např.  $\text{=A1} \cdot \text{SIN}(D3)$  a natáhli vzorec dolů, dostali bychom na dalším řádku vzorec  $\text{=A2} \cdot \text{SIN}(D4)$ . Aby vzorec odkazoval na všech řádcích na buňku A1, je nutné použít absolutní odkaz ve tvaru  $\$A\$1$ . Tímto zaručíme, že ani A, ani 1 se v průběhu „natáhování“ vzorce, nebo kopírování nebude posouvat. Další možností může být použití pojmenovaných buněk, viz níže.

	A	B	C	D
1				
2				
3				-180
4				-170
5				

	A	B	C	D	E
1					
2				x	sin(x)
3				-180	-1,22515E-16
4				-170	-0,173648178
5				-160	-0,342020143
6				-150	-0,5
7				-140	-0,64278761
8				-130	-0,766044443
9				-120	-0,866025404
10				-110	-0,939692621
11				-100	-0,984807753
12				-90	-1
13				-80	-0,984807753
14				-70	-0,939692621
15				-60	-0,866025404
16				-50	-0,766044443
17				-40	-0,64278761
18				-30	-0,5
19				-20	-0,342020143
20				-10	-0,173648178
21				0	0
22				10	0,173648178
23				20	0,342020143
24				30	0,5
25				40	0,64278761
26				50	0,766044443
27				60	0,866025404
28				70	0,939692621
29				80	0,984807753
30				90	1
31				100	0,984807753
32				110	0,939692621

Graf  $\sin(x)$ Graf  $\sin(x+25)$ 

## Obecné zásady práce s tabulkovými procesory

V tomto odstavci zmíním obecné zásady, které jsou pro práci s TP ve výuce fyziky již osvědčené. Zásady pocházejí z mé několikaleté zkušenosti z výuky předmětu *Využití počítačů ve fyzice*. Studenti zde samostatně zpracovávají podle zadaných podmínek zvolenou úlohu. Postupy, které se ukázaly jako nejvhodnější, zde budou prezentovány.

**Rozdělení logických částí úlohy** do jednotlivých *listů*. Listy používají TP k oddělení logických částí celého souboru (obvykle nazývaného jako *sešit*). Úlohu je vhodné rozdělit kvůli přehlednosti. Osvědčilo se používat tyto základní listy:

- parametry úlohy,
- pomocné výpočty,
- výsledky.

Do prvního listu TP umístíme obvykle zadání úlohy. TP sešit je pak „soběstačný“ – obsahuje informaci o tom, jakou úlohu řeší, a nepotřebuje další doprovodnou textovou informaci v separátním souboru. Můžeme sem umístit i detaily řešení, popis všech nastavitelných parametrů úlohy a kompletní popis řešení.

Druhý list slouží k umístění parametrů úlohy. Pokud není první list příliš zaplněn a nebude-li to na úkor přehlednosti, mohou být parametry umístěny hned na prvním listu. Měnitelné parametry je vhodné označit podbarvením. Pokud si uživatelé (studenti, žáci) zvyknou na naše barevné označení, zrychlí to orientaci ve vytvořených souborech. Různými barvami tak můžeme označit buňky s:

- počátečními parametry,
- měnitelnými hodnotami,
- automaticky počítanými hodnotami,
- výsledky.

Název parametru (např. počáteční hodnoty) je nutné uvést včetně jednotky a zvýraznit např. tučně. Ukázku titulního listu a počátečních hodnot ukazuje obrázek (zde obojí na jednom listě):

A	B	C	D	E
1		<b>Volný pád v prostředí s lineární závislostí odporové síly na rychlosti</b>		
2				
3		Sešit demonstruje numerickou integraci základního úkolu z mechaniky. Ukazuje jak nalézt rychlost a polohu padajícího tělesa v závislosti na čase. Síla odporu prostředí je definována vztahem $F=k \cdot v$ . Je odkazováno na pojmenované buňky, list Pomocné výpočty ukazuje použití příček.		
4				
5				
6		<b>Modifikovatelné parametry:</b>		
7		hmotnost tělesa $m$ , tíhové zrychlení $g$ , počáteční rychlost $v_0$ , součinitel odporu $k$ , časový přírůstek integrace		
8	$m$ [kg]	1		
9	$g$ [m.s <sup>-2</sup> ]	9.81		
10	$v_0$ [m.s <sup>-1</sup> ]	160		
11	$k$	0.1		
12	$dt$ [s]	0.09		
13		<b>List Výsledky:</b>		
14		Zobrazuje graf závislosti rychlosti a polohy na čase, hodnotu mezní rychlosti a umožňuje zadat čas a nalézt hodnotu rychlosti a polohy v zadaném čase		
15				
16				
17				
18				

**Pojmenovávání buněk** je jednou z ne úplně známých možností, které TP obvykle nabízí. Opět se jedná o „trik“, který zřehledňuje práci tím, že v buňkách, ve kterých je hodnota počítána vzorcem, neodkazujeme na „anonymní“ buňky odkazem (**List2!G11**), ale přímo jménem (**hmotnost**).

	A	B	C	D	E	F
1			<b>Volný pád v prostředí s lineární závislostí odporové síly na rychlosti</b>			
2						
3			Sešit demonstruje numerickou integraci základního úkolu z mechaniky. Ukazuje jak nalézt rychlost a polohu padajícího tělesa v závislosti na čase. Síla odporu prostředí je definována vztahem $F=k \cdot v$ . Je odkazováno na pojmenované buňky, list Pomocné výpočty ukazuje použití příček.			
4						
5						
6			<b>Modifikovatelné parametry:</b>			
7			hmotnost tělesa $m$ , tíhové zrychlení $g$ , počáteční rychlost $v_0$ , součinitel odporu $k$ , časový přírůstek integrace			
8	$m$ [kg]	1	=hmotnost			
9	$g$ [m.s <sup>-2</sup> ]	9.81				
10	$v_0$ [m.s <sup>-1</sup> ]	160				
11	$k$	0.1				
12	$dt$ [s]	0.09				
13			<b>List Výsledky:</b>			
14			Zobrazuje graf závislosti rychlosti a polohy na čase, hodnotu mezní rychlosti a umožňuje zadat čas a nalézt hodnotu rychlosti a polohu v zadaném čase			
15						

Pojmenování buňky lze provést např. v MS Excel v levém horním rohu obrazovky, hned nad sloupcem s čísly řádků, viz obrázek

**Ukotvení příček** umožňuje určit oblast, která bude zachována na svém místě i při posunu obrazovky. Pokud pracujeme s velkým počtem řádků, můžeme uzamknout list tak, aby i při posunu bylo vidět záhlaví tabulky nebo část listu s důležitými údaji. Funkce je v MS Excel dostupná z menu **Okno Ukotvit příčky**.

## Řešení diferenciálních rovnic v tabulkovém procesoru

Řešení fyzikálních úloh s sebou nese nutnost použití rozličných matematických metod. Matematické znalosti studentů středních škol jsou limitované, a tím je omezen i výběr úloh, jež lze při výuce použít. Jsme často svědky toho (ačkoli to se týká spíše až vysokoškolského kurzu fyziky), že úlohy nejsou „dotaženy do konce“. Vyučující konstatuje, že jsme našli řešení úlohy (např. v podobě nějaké matematické funkce) a že tedy můžeme postoupit k dalšímu příkladu. Velká většina studentů si však řešení není schopna představit a neví tak, co vlastně spočítali, a z pouhého pohledu na matematický zápis funkce nedokáží odhadnout reálné fyzikální důsledky řešení. To je jistě chyba.

Diskuze získaného řešení je stejně důležitá jako postup vedoucí k jeho získání. Nakreslení průběhu na tabuli a do sešitu je sice jistou možností, avšak z didaktického hlediska stále není ideální. K diskuzi výsledku patří i možnost „pohrát“ si s parametry úlohy. Tím je myšleno mít vizualizované řešení a mít možnost řešení ovlivňovat, například změnou vstupních parametrů. Takovýto „komfort“ nám může poskytnou vizualizace řešení na osobním počítači. Ačkoli lze použít celou škálu specializovaných programů, jako např. MATLAB, je to nákladné jak na čas potřebný k ovládnutí programu, tak na finance k pořízení licence programu.

Cílem tedy bude použit standardní počítačový program, s jehož ovládnutím jsme obeznámeni a který již, velmi pravděpodobně, máme v počítači nainstalován. Výhodou je i to, že naši práci můžeme snadno nahrát studentům a ti již budou vědět „co s tím“. Nabízí se tedy k vizualizaci výsledků fyzikální úlohy opět použít TP, např. Microsoft Excel.

Fyzikální situace jsou často popsány diferenciálními rovnicemi. Ačkoli je možné na střední škole alespoň formálně diferenciální rovnice studentům představit, nelze předpokládat hlubší pochopení vzájemných souvislostí. Studenti mohou intuitivně pochopit, co znamenají diferenciální přírůstky proměnných atd., ale o úplném proniknutí do problematiky hovořit nelze.



Pomocí numerického výpočtu však lze provést řešení takovýchto úloh bez nutnosti zavádět aparát vyšší matematiky. Postup budeme demonstrovat na řešení základní úlohy z mechaniky – na svislém vrhu dolů.

Na středoškolské úrovni se úloha obvykle nekomplikuje zaváděním odporu prostředí a úloha může být zadána takto:

**Úloha:** *Těleso je vrženo svisle dolů s počáteční rychlostí  $v_0$  v tíhovém poli s tíhovým zrychlením  $g$ . Určete průběhy rychlosti a polohy vrženého tělesa jako funkce času.*

**Řešení:** Jedná se o rovnoměrně zrychlený pohyb počáteční rychlostí  $v_0$ , okamžitá rychlost tedy bude popsána studentům známým vzorcem (orientujeme osu ve směru vrhu, rychlost tedy bude kladná a bude se zvětšovat, souřadnice  $y$  rovněž)  $v = v_0 + g \cdot t$  a poloha  $y = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ .

V úvodu do mechaniky jsou studenti seznámeni s Newtonovým zákonem síly  $F = m \cdot a$ . Příčinou změny rychlosti tělesa (zrychlení) je tedy síla. Lze si tedy představit takovouto posloupnost:

$$F \Rightarrow a \Rightarrow v \Rightarrow x$$

Síla je příčinou zrychlení, zrychlení je příčinou změny rychlosti a poloha se mění v závislosti na rychlosti. Poznámka – nad druhou a třetí trojtečku by bylo možné napsat znak integrace, ale jelikož se tomuto pojmu v našem postupu vyhýbáme, nepíšeme ho.

Na začátku je síla (a zrychlení). Klasickým analytickým postupem vyjdeme z daného tvaru zrychlení a řešením obyčejných diferenciálních rovnic určujeme rychlost a polohu jako funkci času. Pokud je již zrychlení závislé např. na rychlosti nebo poloze, je takové řešení matematicky náročné, někdy i analyticky neřešitelné. To je třeba případ řešení větších rozkmitů matematického kyvadla, kde není možné použít zjednodušení  $\sin(x) \approx x$  a řešení pak vede na eliptické integrály.

V našem jednoduchém případě je řešení snadné a bylo již uvedeno. Numerické řešení budeme demonstrovat opět na příkladu vrhu svislého dolů, nyní ovšem se započítáním odporu prostředí. Celková síla, která na padající těleso působí, pak je  $F = m \cdot g - k \cdot v$ . Pro analytické řešení je potřeba řešit obyčejnou diferenciální rovnici  $m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g - k \cdot v$ , kde  $k \cdot v$  popisuje vliv odporu prostředí. Řešením

této rovnice je funkce  $v = \frac{m}{k} \cdot \left[ g - \left( g - \frac{m}{k} \cdot v_0 \right) \cdot e^{-\frac{k}{m} \cdot t} \right]$ ,  $v_0$  je počáteční rychlost. Ačkoli řešení této diferenciální

rovnice není složité, studentům středních škol není dostupné. Řešme nyní problém numericky.

Řešení je možné rozdělit na krátké časové okamžiky  $\Delta t$  ( $dt$ ). Označení  $dt$  používáme pro nekonečně krátké časové okamžiky, pro diferenciál. V Excelu je pro přehlednost výhodné neoznačovat časový okamžik jako delta  $t$ , ale použít  $dt$ . Stále však musíme vést v patrnosti, že se o diferenciál z matematického pohledu nejedná.

Jednotlivé okamžiky označíme indexem  $i$ . Rychlost v čase  $t_{i+1}$  je ovlivněna zrychlením a rychlostí v čase  $t_i$ , tedy  $v_{i+1} = v_i + a_i \cdot \Delta t$ . Toto je již zápis vhodný pro Excel. Schematicky v tabulce vpravo.

$t$ [s]	$a$ [ $m \cdot s^{-2}$ ]	$v$ [ $m \cdot s^{-1}$ ]
0	$a_0$	$v_0$
$0 + \Delta t$	$a_1$	$v_1 = v_0 + a_0 \cdot \Delta t$
$0 + \Delta t + \Delta t$	$a_2$	$v_2 = v_1 + a_1 \cdot \Delta t$
...	...	...

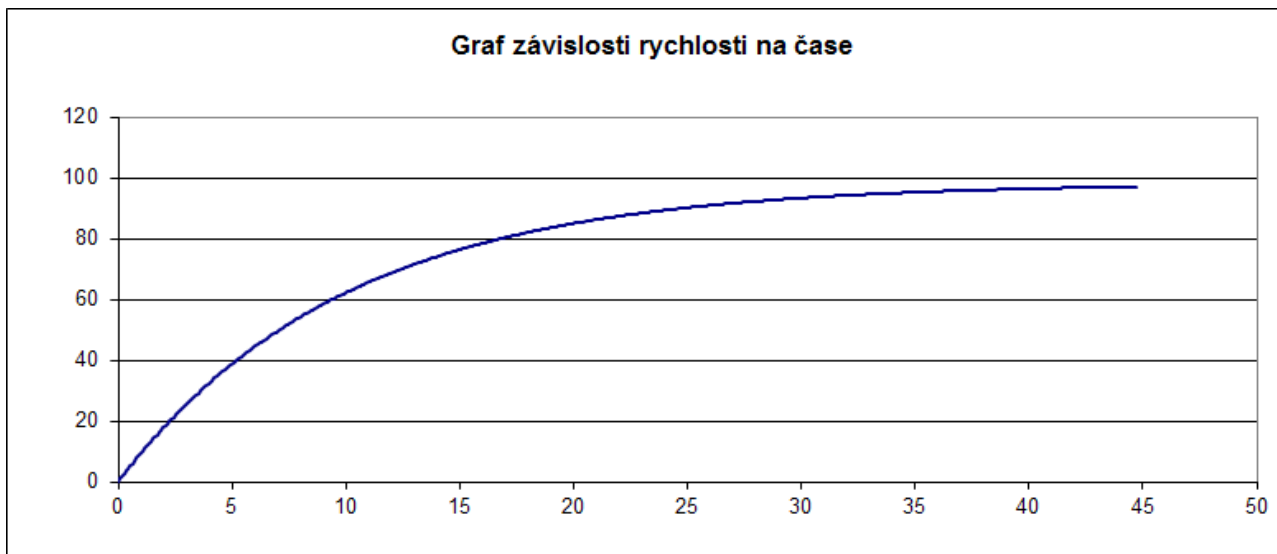
Tvoříme takovouto tabulku – v prvním sloupci přibývá čas od nuly po kroku  $\Delta t$ , v druhém sloupci je velikost zrychlení (v případě pohybu bez odporu prostředí by zde bylo pouze tíhové zrychlení  $g$ ) a v třetím sloupci je rychlost, která je v každém kroku rovna předchozí rychlosti plus přírůstek, jímž je zrychlení v předchozím kroku krát  $\Delta t$ . Tabulka pro řešení našeho příkladu (svislý vrh v prostředí s odporem  $k \cdot v$ ) by vypadala následovně.



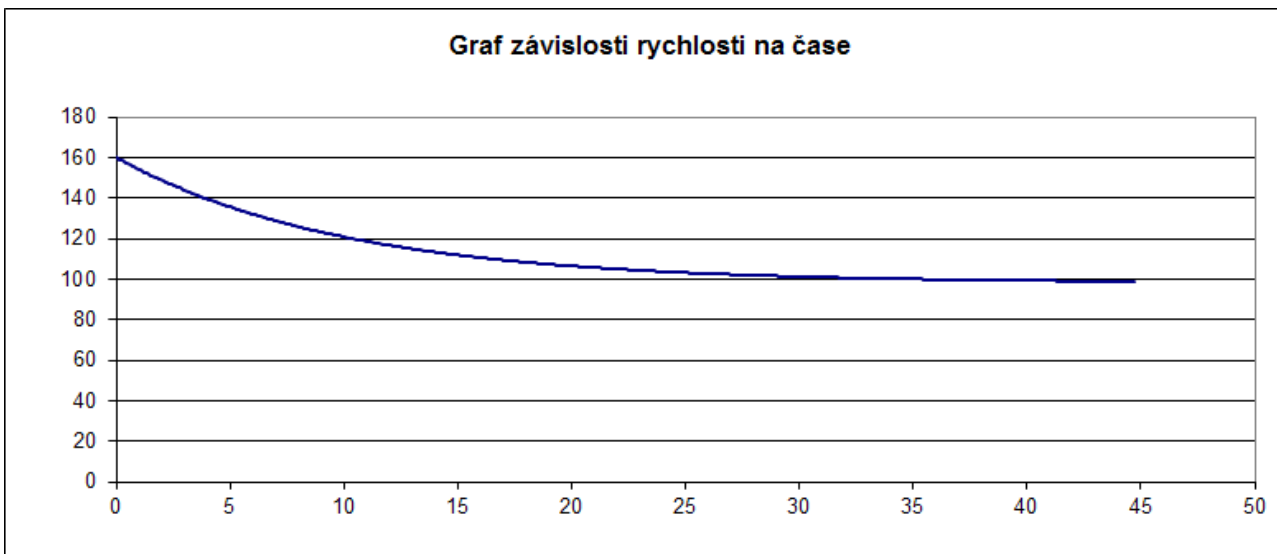
$t \text{ [s]}$	$a \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}]$	$v \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$
0	$a_0 = g$	$v_0$
$0 + \Delta t$	$a_1 = g - k/m \cdot v_0$	$v_1 = v_0 + a_0 \cdot \Delta t$
$0 + \Delta t + \Delta t$	$a_2 = g - k/m \cdot v_1$	$v_2 = v_1 + a_1 \cdot \Delta t$
...	...	...

Pro dostatečnou přesnost výpočtu musíme použít dostatečně malý časový krok. Tabulka pak bude mít velký počet řádek. Pokud např.  $\Delta t = 0,1 \text{ s}$  a potřebujeme 20 sekund řešení, musí mít tabulka 200 řádek.

Graf rychlosti v Excelu pak vypadá takto:



Ve shodě s analytickým řešením se funkce asymptoticky blíží k jisté mezní rychlosti. Tuto rychlost snadno nalezneme, uvědomíme-li si, že po dostatečně dlouhé době se odporová síla  $k \cdot v$  vyrovná s tíhovou silou  $m \cdot g$ . Tedy:  $m \cdot g = k \cdot v_{\max}$  a  $v_{\max} = \frac{m \cdot g}{k}$ . Pro graf na obrázku byly použity hodnoty  $k = 0,1 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}}$ ,  $m = 1 \text{ kg}$ ,  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , tedy mezní rychlost  $v_{\max} = \frac{9,81}{0,1} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 98,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , což je ve shodě s grafem. Pokud nakreslíme stejný graf s počáteční rychlostí překračující mezní rychlost, vypadá graf následovně:



Rychlost tělesa se tak blíží k mezní rychlosti „shora“. Popsaná metoda numerického řešení se nazývá Eulerova. Je metodou patrně nejjednodušší a současně i „nejprimitivnější“. Pro přesnější nebo rychlejší řešení bychom museli použít pokročilejší metody, např. metody Rungeovy-Kuttovy.

Hotový sešit s provedeným výpočtem a ukázkou popsaných technik lze nalézt na adrese <http://home.zcu.cz/~pmasop/sf1.xls>. Na adrese <http://home.zcu.cz/~pmasop/sf2.xls> je ukázka řešení příkladu v případě, že je odpor prostředí vyjádřen Newtonovým vzorcem (kvadratickou závislostí odporové síly na rychlosti).

Další díl seriálu **Počítačová podpora vyučování fyziky** popíše, jak využít TP k tvorbě jednoduchých fyzikálních animací.

### Literatura

- [1] LASÁK, Pavel. *Základy Microsoft Excelu*, 2014, [Online], [cit. 2. 4. 2014]. Dostupné na World Wide Web: <http://office.lasakovi.com/excel/zaklady/>





# školská fyzika

číslo 1 / ročník 2014

[www.sf.zcu.cz](http://www.sf.zcu.cz)

## Obsah

Ľubomír Konrád – Medzinárodná experimentálna fyzikálna olympiáda I.	1
Tomáš Jerje – Audacity – pokusy z akustiky I.	5
Václav Meškan – Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky II. – Překážky tvořivosti a motivace žáků	9
Václav Piskač – Jakou barvu mají mraky?	17
Petr Špína – Trpasličí model elektrického proudu	20
Milan Rojko – Všimli jste si?	21
Václav Kohout – Mezipředmětové výukové téma „Barvy kolem nás“ III.	23
Josef Hubeňák – Současné displeje	29
Pavel Masopust – Počítačová podpora vyučování fyziky – využití tabulkových kalkulátorů (Excel)	35

## Vydává

Fakulta pedagogická  
Západočeské univerzity v Plzni,  
Univerzitní 8, Plzeň

oddělení fyziky katedry matematiky,  
fyziky a technické výchovy

**ISSN 2336-2774** (elektronická verze)  
**ISSN 1211-1511** (tištěná verze)